



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía.

“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO ARTICULADO MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO-93 Y PRESUPUESTO DE OBRA DE 994 METROS PARA EL TRAMO DE CALLE ESFUERZO #2 Y EVARISTO CRUZ DEL MUNICIPIO DE CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Yuriela Yamalí Guillén Blandón.

Br. Indira Joelsy Rugama Rodríguez.

Tutor

Msc.Ing. Sergio J. Navarro Hudiel.

Managua, Junio 2019.

Managua, 09 de Mayo 2019

Doctor

ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la monografía que lleva por nombre: **“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO ARTICULADO MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO-93 Y PRESUPUESTO DE OBRA DE 994 METROS PARA EL TRAMO DE CALLE ESFUERZO #2 Y EVARISTO CRUZ DEL MUNICIPIO DE CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”**, está lista para entrar en el proceso de defensa final, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Yuriela Yamalí Guillén Blandón, Indira Joelsy Rugama Rodríguez**, Bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha monografía, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

Msc.Ing. Sergio J. Navarro Hudiel.

CC: Archivo

CARTA DE APROBACIÓN

DEDICATORIA.

Esta tesis está dedicada a:

A nuestros padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotras el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer adversidades porque Dios esta con nosotras siempre.

A nuestros hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar con nosotras en todo momento gracias. A toda nuestra familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de nosotras mejores personas y de una u otra forma nos acompaña en todos nuestros sueños y metas.

Br. Yuriela Yamalí Guillén Blandón.

Br. Indira Joelsy Rugama Rodríguez.

AGRADECIMIENTO.

A Dios, por darnos las oportunidades de vivir y por estar con nosotras en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todos los familiares y amigos que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A nuestros maestros por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al Ing. Sergio Navarro por toda su colaboración y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Br. Yuriela Yamalí Guillén Blandón.

Br. Indira Joelsy Rugama Rodríguez.

Br. Yuriela Yamali Guillén Blandón.

Br. Indira Joelsy Rugama Rodríguez.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una propuesta de diseño de estructura de pavimento articulado de 994 metros, ubicado en el departamento de Estelí- Municipio de Condega, para el tramo de calle Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz aplicando el método de la AASHTO-93.

Estructura del contenido.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como donde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de 994 metros de pavimento articulado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

En este capítulo se realizó un aforo vehicular en el cual se presenta el estudio y análisis del tránsito, necesario para determinar el número ESAL's. Describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento (T_c), período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento (FC), factor de distribución direccional (F_d), factor carril (F_c), y tránsito de Diseño (TD), en un periodo de años (n).

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Aquí se presenta la información sobre el estudio de suelo suministrado por la alcaldía de Condega de un estudio realizado por el laboratorio Estudios y Diseño Ingenieros Consultores (**EDICO**), donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos para la determinación de su utilidad en la vía como base, subbase y subrasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

Después de conocer las propiedades del suelo y realizar las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas y luego el software WinPAS, para la comprobación del Diseño.

Los principales parámetros asumidos para determinar los espesores del tramo a adoquinar, fueron: Confiabilidad (**R**), Desviación Estándar (**So**), Capacidad de Servicio Inicial (**Po**), Capacidad de Servicio Final (**Pt**), Pérdida de serviciabilidad (**Δpsi**), Coeficiente de drenaje (**mi**), Coeficientes de capa (**a_n**), Número de Ejes Equivalentes **ESAL's o W18**, será el número de aplicaciones equivalente a 18 KN, por último, Módulo resiliente de la Sub-Rasante (**MR**). Estos parámetros brindarán los espesores de la carpeta de rodamiento.

CAPÍTULO V: COSTO Y PRESUPUESTO.

En este último capítulo se calcula la estimación de los costos para cada una de las etapas que contempla el adoquinado de 994 metros lineales de calles, tanto los costos antes de impuestos, los costos indirectos como son el 1% de impuesto municipal, el 15% de IVA, el 12% de utilidades, y el 2% de IR, lo que al final nos permite conocer el costo total de proyecto en córdobas y el equivalente en dólares, para ello se utiliza una tasa de cambio de **C\$32.504** que equivale a \$1(un dólar americano).

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

Generalidades

Paginas

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. localización del proyecto.....	2
1.2 ANTECEDENTES.	4
1.3 JUSTIFICACION.	5
1.4. OBJETIVOS.	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.	6

CAPÍTULO II

Estudio de Tránsito

2.1. Generalidades.	7
2.2. Recopilación de Datos.....	7
2.2.1. Tipos de Vehículos.	8
2.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.	9
2.3. Procesamiento de Información.	9
2.4. Análisis de la Información Obtenida.....	9
2.5. Estación de Conteo Vehicular.....	9
2.6. Procesamiento de Datos.	10
2.6.1. Resumen del aforo vehicular.	11
2.6.2. Calculo del TPDA.	13
2.6.3. Composición Vehicular.	16
2.7. Determinación de las Tasas de Crecimiento.....	17
2.7.1. Tasas de Crecimiento.....	17
2.7.2. Correlación de Datos entre ECD N°111 y Producto Interno Bruto. ..	19
2.7.3. Correlación de Datos entre ECD 111 y Población (POB).....	23
2.7.4. Calculo de Proyección de Tráfico.	26
2.8. Selección de la Tasa de Crecimiento.....	29
2.9. Determinación del Tránsito de Diseño.	29
2.9.1. Período de Diseño (PD).....	29
2.9.2. Factor de Crecimiento (FC).	30
2.9.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).	30

2.9.4. Factor Distribución Por Carril (fc).....	31
2.9.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).	32
2.9.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).....	32
2.9.7. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).....	32
2.9.9. Factor de Equivalencia (FESAL).....	33
2.9.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).....	35

CAPÍTULO III

Estudio Geotécnico

3.1. Metodología.....	37
3.2. Ensayos de Suelos en Línea.	37
3.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.	38
3.2.3. Análisis de los Resultados.	40
3.3. Resultados de Ensayos a Bancos de Préstamo.	42
3.3.1. El Banco de Préstamo Domingo Palacios #1.....	42
3.3.2. Banco de Préstamo Bayardo Hurtado #2.....	43
3.3.3. Banco de Préstamo Concepción García #3.	44
3.3.4. Consideraciones para Elección del Banco a Utilizar.	46
3.4. Banco de materiales propuesto para la Capa Base.	47
3.5. Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base.	48
3.6. Elección de los de Bancos Préstamos a Utilizar.	50
3.7. Determinación del CBR de Diseño.	51
3.7.1. Identificación de la Sub-rasante.....	51

CAPÍTULO IV

Diseño de Pavimento

4.1. Metodología de Diseño AASHTO 93.	55
4.2. Variables de Diseño a considerarse en el Método AASHTO 93.....	56
4.2.1. Variables en Función del Tiempo.	56
4.2.1.1. La vida útil del Pavimento.	56
4.2.2. Variables en Función del Tránsito.	56
4.2.2.1. Factores Equivalente de Carga (FEi).....	56
4.2.2.2. Peso por Ejes Simples Equivalentes.	57
4.2.2.3. Confiabilidad (R).....	57
4.2.2.4. Desviación Estándar (So).	58
4.2.2.5. Serviciabilidad.	59

4.3. Características de los Materiales que Conforman el Pavimento.	59
4.3.1. Módulo de Resiliencia (MR).	59
4.3.2. Coeficiente de Drenaje (mi).	60
4.3.3. Coeficientes Estructurales de Capa (ai).	61
4.3.4. Números Estructurales (SN).	64
4.3.5. Cálculo de los Números Estructurales (SN1, SN2, SN3).	64
4.4. Cálculo de los espesores del Pavimento.	66
4.4.1. Espesores finales de Diseño.	68
4.5. Uso del programa WinPAS-12.	69

CAPÍTULO V

Costo y Presupuesto

5.1. Descripción General del Proyecto.	73
5.2. Presupuesto del Proyecto.	74
5.2.1. Costos Directos.	74
5.2.2. Costos indirectos.	74
5.3. Determinación de los Costos Directos por Etapas.	75
5.3.1. Sección Típica Propuesta.	77
5.3.2. Etapa 1 (Preliminares).	79
5.3.2.1. Limpieza para Adoquinado 230 (01).	79
5.3.2.2. Trazo y Nivelación 230 (02).	79
5.3.2.3. Rótulo 230 (03).	80
5.3.2.4. Movilización y Desmovilización 231 (01).	80
5.3.3. Etapa 2 y 3 (movimiento de tierra, excavación y terraplenado).	81
5.3.4. Etapa 4 (Sección de Calles).	84
5.3.5. Etapa 5 (Señalamiento Vial).	90
5.3.6. Etapa 6 (Limpieza Final).	90
5.4. Take Off de Costos Directos e Indirectos por Etapas del Proyecto.	91
CONCLUSIONES.	94
RECOMENDACIONES.	96
BIBLIOGRAFÍA.	98
ANEXOS.	
GLOSARIO.	

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1: TRÁFICO PROMEDIO DIURNO SEMANAL (TPDIS)/AMBOS SENTIDOS.	11
TABLA 2: VECTOR DE CORRESPONDENCIA GEOGRÁFICO.	13
TABLA 3: DEPENDENCIA DE ESTACIONES (ESTACIÓN SÉBACO –EPM. SAN ISIDRO)	14
TABLA 4: FACTORES /PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO ENERO-ABRIL (EMC-107)	15
TABLA 5: CALCULO DEL TPDA, APLICANDO FACTORES DE AJUSTE (FD, FS, FE).	15
TABLA 6: REGISTROS HISTÓRICOS DEL TPDA, PIB, Y POB.	17
TABLA 7: EVOLUCIÓN TPDA DE LA ESTACIÓN ECD 111	18
TABLA 8: TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PARA PIB.	20
TABLA 9: DATOS LN TPDA Y LN PIB.	21
TABLA 10: RESULTADOS DE CORRELACIÓN TPDA (ECD-111) Y PIB (MILLONES \$).....	22
TABLA 11: DATOS ECD-111 Y TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PARA POBLACIÓN.	23
TABLA 12: DATOS LNTPDA ECD-111 Y LN POB.	24
TABLA 13: RESULTADOS DE CORRELACIÓN TPDA (ECD-111) Y POB (MILES/HAB).	25
TABLA 14: DATOS HISTÓRICOS (TPDA, PIB, POB).....	26
TABLA 15: CONSOLIDADO DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO CALCULADAS.....	28
TABLA 16: ELECCIÓN DE TASA DE CRECIMIENTO CON RESPECTO AL PROMEDIO.....	28
TABLA 17: PERÍODO DE DISEÑO (N).	29
TABLA 18: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN (FD).	30
TABLA 19: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (FC).	31
TABLA 20: TRÁNSITO DE DISEÑO.....	31
TABLA 21: FACTORES DE EJES KIPS A INTERPOLAR.	33
TABLA 22: INTERPOLACIÓN LINEAL (2.2 KIPS, 4.4 KIPS, 8.8 KIPS).....	34
TABLA 23: INTERPOLACIÓN LINEAL (11 KIPS).....	34
TABLA 24: INTERPOLACIÓN LINEAL (17.60KIPS, 36.30 KIPS).	34
TABLA 25: TIPOS DE VEHÍCULOS A LOS CUALES SE INTERPOLO LOS EJES EN KIPS.	34
TABLA 26: CÁLCULO ESAL'S DEL CARRIL DE DISEÑO.....	36
TABLA 27:TIPOS DE ENSAYOS PARA ESTUDIO DE SUELOS.....	37
TABLA 28: COORDENADAS GEOGRÁFICAS PARA CADA SONDEO	41

TABLA 29: BANCO DE MATERIALES IDENTIFICADOS.....	42
TABLA 30: CARACTERÍSTICAS DE LOS BANCOS DE PRETAMOS IDENTIFICADOS.	45
TABLA 31: ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR.	46
TABLA 32: ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA SUB – BASE.	46
TABLA 33: REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA CAPA BASE.	47
TABLA 34: REQUISITOS GRADUACIÓN DE AGREGADOS (BANCO N°1).	47
TABLA 35: REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA CAPA SUBBASE.....	48
TABLA 36: REQUISITOS DE GRADUACIÓN DE AGREGADOS (BANCO N°2).	48
TABLA 37: REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA CAPA SUBBASE.....	49
TABLA 38: REQUISITOS DE GRADUACIÓN DE AGREGADOS (BANCO N°3).	49
TABLA 39: BANCO DE MATERIAL A UTILIZAR PARA BASE/ SUBBASE.....	50
TABLA 40: SELECCIÓN DE CBR DE DISEÑO PARA LA SUB-RASANTE.....	52
TABLA 41: VALORES CBR DE MENOR A MAYOR Y VALORES IGUALES O MAYORES.....	52
TABLA 42: CRITERIO DEL INSTITUTO DE ASFALTO / CBR DE DISEÑO.....	53
TABLA 43:CLASIFICACIÓN DEL CBR.....	53
TABLA 44: NIVELES DE CONFIABILIDAD R EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA.....	57
TABLA 45: VALORES DE ZR EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD R.	58
TABLA 46: DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEPENDIENDO CONDICIONES DE SERVICIO.....	58
TABLA 47: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y MÓDULO RESILIENTE PARA SUB-RASANTE. ..	60
TABLA 48: CALCULO DE MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE	60
TABLA 49: CAPACIDAD DEL DRENAJE PARA REMOVER LA HUMEDAD.	60
TABLA 50: NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN.	61
TABLA 51: ESPESORES MÍNIMOS SUGERIDOS POR CAPA.	67
TABLA 52: ESPESORES DE DISEÑO.....	68
TABLA 53: DATOS PARA CALCULAR ESPESORES EN EL SOFTWARE WINPAS-12.....	70
TABLA 54: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	73
TABLA 55: COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL PROYECTO.....	75
TABLA 56: MANO DE OBRA DEL PROYECTO.....	75
TABLA 57: MATERIALES CONSIDERADOS PARA EL PROYECTO.	76

TABLA 58: MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	77
TABLA 59: LIMPIEZA INICIAL.....	79
TABLA 60: TRAZO Y NIVELACIÓN.....	79
TABLA 61: COSTO UNITARIO DEL RÓTULO.....	80
TABLA 62: COSTO UNITARIO DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN.....	80
TABLA 63: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTO.....	81
TABLA 64: FACTOR DE ABUNDAMIENTO.	81
TABLA 65: VOLUMEN DE EXCAVACIÓN.....	82
TABLA 66: VOLUMEN DE BASE GRANULAR.....	83
TABLA 67: VOLUMEN DE BASE Y SUBBASE.	84
TABLA 68: ÁREA DE COLOCACIÓN DE ADOQUINES DE 3,500 PSI.	84
TABLA 69: BORDILLOS LONGITUDINALES.....	85
TABLA 70: VIGAS TRANSVERSALES.....	86
TABLA 71: CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1 M ³ DE CONCRETO DE 3000 PSI.....	88
TABLA 72: VADOS TIPO I.....	89
TABLA 73: CUNETAS TIPO CAITE Y BORDILLO.	89
TABLA 74: COSTO UNITARIO DE SEÑALES VERTICALES.....	90
TABLA 75: SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (LÍNEA SEGMENTADA).....	90
TABLA 76: LIMPIEZA FINAL.	90
TABLA 77: TAKE OFF (ETAPA 1-3).....	91
TABLA 78: TAKE OFF (ETAPA 4-6).....	92
TABLA 79: RESUMEN DE COSTOS POR ETAPAS.....	93

ÍNDICE DE IMÁGENES.

IMAGEN 1: MACRO-LOCALIZACIÓN MUNICIPIO CONDEGA- DEPARTAMENTO DE ESTELÍ.	2
IMAGEN 2: MICRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	3
IMAGEN- 1: UBICACIÓN DEL PUNTO DE CONTEO VEHICULAR.	10
IMAGEN- 3: ESTRUCTURA DE FINAL DE PAVIMENTO ARTICULADO.	68
IMAGEN- 4: SOFTWARE DE DISEÑO WINPAS.	69
IMAGEN- 5: SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO A DISEÑAR.	69
IMAGEN- 6: INTRODUCCIÓN DE DATOS EN WINPAS.	70
IMAGEN- 7: CALCULO DE SN REQUERIDO EN WINPAS.	71
IMAGEN- 8: SN REQUERIDO.	71
IMAGEN- 9: INTRODUCCIÓN DE LAYERS DE DISEÑO.	72
IMAGEN- 10: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR SOFTWARE WINPAS.	72
IMAGEN- 12: SECCIÓN TÍPICA DE DISEÑO.	78
IMAGEN- 13: DETALLES DE CUNETAS PROPUESTAS.	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

GRÁFICO 1: COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO DIURNO SEMANAL.	12
GRÁFICO 2: COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO DIURNO SEMANAL.	12
GRÁFICO 3: COMPOSICIÓN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).	16
GRÁFICO 4: CORRELACIÓN TPDA DE LA ESTACIÓN 111 ECD	19
GRÁFICO 5: CORRELACIÓN TPDA (EDC-111) VS PIB (MILLONES \$).	20
GRÁFICO 6: CORRELACIÓN LN TPDA (ECD-111) Y LN PIB (MILLONES \$).	22
GRÁFICO 7: CORRELACIÓN TPDA (ECD-111) Y POBLACIÓN (MILES \$).	24
GRÁFICO 8: CORRELACIÓN LN TPDA (ECD 111) Y LN POBLACIÓN (MILES \$).	25
GRÁFICO 9: SELECCIÓN DEL CBR DE DISEÑO.	54
GRÁFICO 10: COEFICIENTE ESTRUCTURAL A ₂ Y MÓDULO RESILIENTE	62
GRÁFICO 11: COEFICIENTE ESTRUCTURAL A ₃ Y MÓDULO RESILIENTE	63
GRÁFICO 12: OBTENCIÓN DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN ₂ Y SN ₃ .	65

ABREVIATURAS.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials / Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

ai: Coeficiente estructural de capas.

ASTM: American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para pruebas y materiales.

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CBR: California Bearing Ratio.

CD: Carril derecho.

CI: Carril Izquierdo.

Di: Espesor de capa.

EMC: Estación de Mayor Cobertura

ECD: Estación de Corta Duración.

ESAL'S: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

FC: Factor Crecimiento.

fc: Factor carril.

FD: Factor direccional.

FE: Factor expansión.

IG: Índice de grupo.

IP: Índice de plasticidad.

LL: Límite líquido.

LP: Límite plástico.

mi: Coeficiente de drenaje.

MR: Módulo resiliente.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

PIB: Producto Interno Bruto.

POB: Población.

Po: Serviciabilidad inicial.

Pt: Serviciabilidad final.

PSA: Pérdida de sello arenoso.

PSI: lb/in².

ΔPSI: Índice de serviciabilidad.

R: Confiabilidad.

SIECA: Sistema de Integración Económica Centroamericana.

SN: Número estructural.

So: Error estándar combinado.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Ton: Toneladas.

TD: Tránsito de diseño.

TPDiS: Tránsito promedio diurno semanal.

TPD: Tránsito promedio diario.

TPDA: Tránsito promedio diario anual.

VPD: Vehículos por día.

Zr: Desviación estándar.



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO I

Generalidades



1.1 INTRODUCCIÓN.

El municipio de Condega se encuentra ubicado en el departamento de Estelí. Cuenta con una extensión territorial de 434 km², con una población de 33,000 habitantes, su elevación promedio es de 550 msnm, con precipitaciones de 798 mm. El tramo de calle que comunica los barrios de Esfuerzo #2, Canta Gallo, Esfuerzo #1, Casco García y Evaristo, cuenta con una longitud de 994 m, el cual no cuenta con una estructura de rodamiento adecuada para la circulación vehicular lo que genera altos costos de operación vehicular, aumento de vectores de enfermedades por altas emisiones de polvo y humo, así como estancamiento de agua (Alcaldía de Condega, 2015).

Los barrios antes indicados tienen acceso a las principales calles del municipio, contando con servicios de agua, luz, internet y servicios públicos como centros de salud, escuelas primaria y secundaria, sin embargo las calles están revestidas de macadán en mal estado, convirtiéndose en sitio de difícil acceso en periodo de verano, provocando enfermedades respiratorias a causa del polvo generado por vehículos y oleadas de viento, en tiempo de invierno debido a la existencia de baches causa que las aguas se retengan y dificulten el paso de las personas que circulan por la calles.

En respuesta a las necesidades de la población y de la comuna es necesario se realice un diseño de estructura de pavimento, el cual incorpore parámetros de diseño relacionados a la confiabilidad, módulos resistencia de materiales, coeficientes de drenaje, así como las repeticiones de ejes equivalentes generados por el tráfico vehicular que permitan gestionar su construcción y generar beneficios en los actores locales

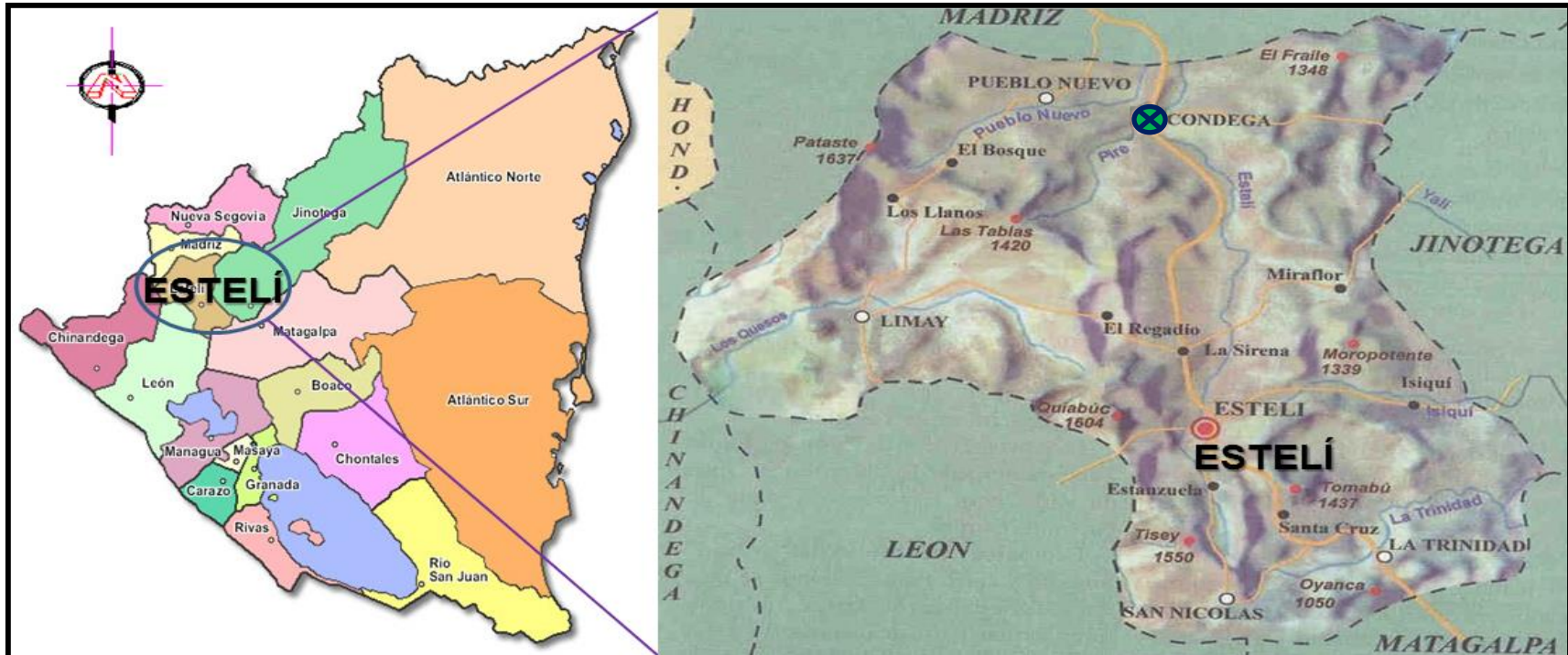
Para lograr la evaluación y diseño antes descrito se emplearán métodos de campo y gabinete, así como el análisis de los estudios de suelo, utilizando las especificaciones de la NIC.2000 y los criterios de la AASHTO-93, así mismo se tendrá que evaluar el costo y presupuesto de la obra, con el fin de generar una propuesta para su elaboración como proyecto a futura construcción.

1.1.1. Localización del proyecto.

1.1.1.1. Macro-Localización.

El proyecto estará localizado en el municipio de Condega, del departamento de Estelí zona norte de Nicaragua entre las coordenadas 13°21'54.5"Norte 86°23'55.7"Oeste.

Imagen 1: Macro-Localización Municipio Condega- Departamento de Estelí.

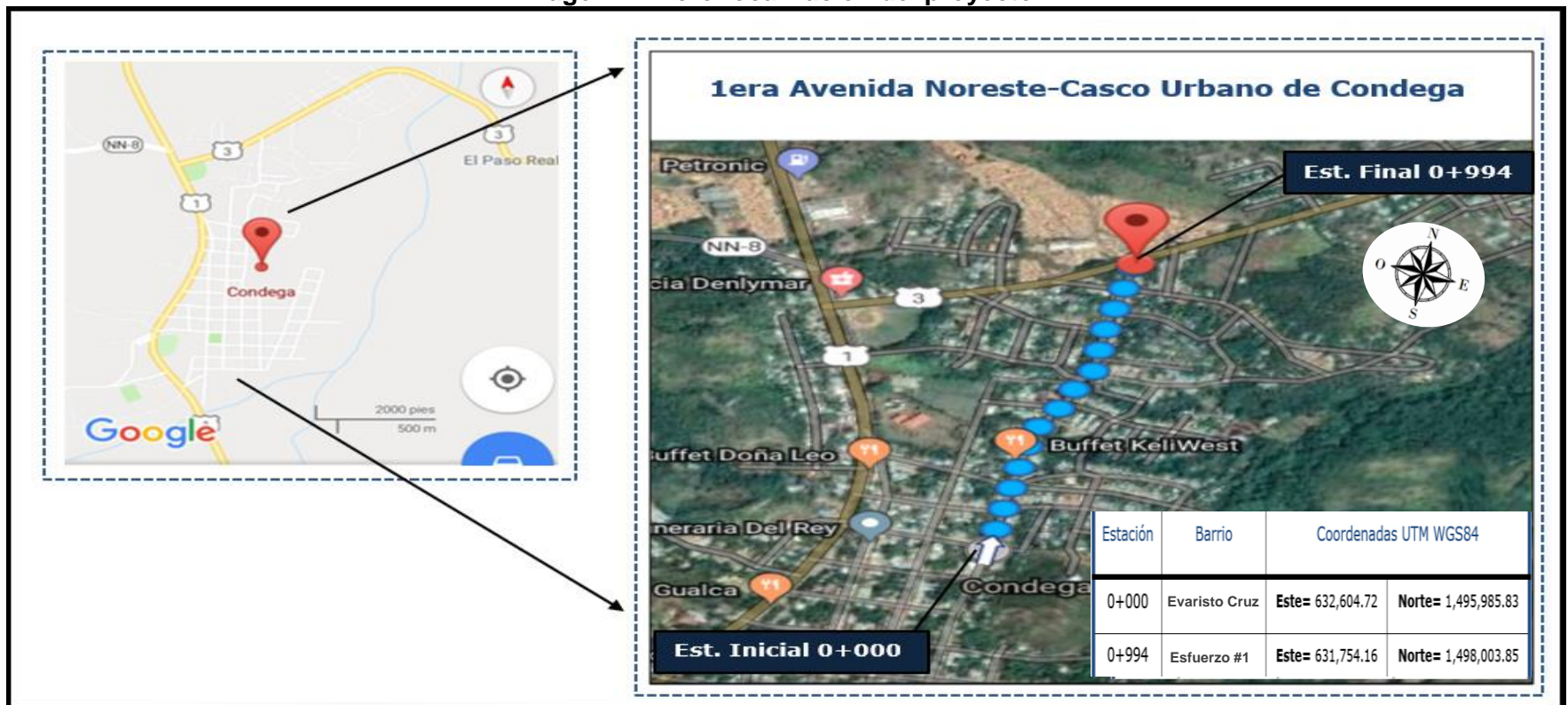


Fuente: Catastro Alcaldía Municipal de Estelí.

1.1.1.2. Micro Localización.

Este proyecto está ubicado a 183 kilómetros de la capital Managua, su longitud es de 994 metros, el tramo en análisis comunica los barrios de Esfuerzo #2, Santa Gallo, Esfuerzo #1, Casco García y Evaristo.

Imagen 2: Micro-localización del proyecto.



Fuente: Google Maps.

1.2 ANTECEDENTES.

En la actualidad la red vial de Nicaragua está conformada por 19,032 km de carreteras, de los cuales 4,113 km son pavimentados (Adoquinados y asfaltados) y 16,937 km son caminos de tierra (MTI, Red Vial 2017).

El sistema vial del municipio de Condega se compone por una red primaria (Carretera Panamericana), una secundaria (carreteras que permiten la comunicación con las comunidades rurales y otros municipios), la red terciaria (caminos vecinales) y la red urbana (calles y callejones del área urbana). Todas ellas suman un total de 193.20 km (Alcaldía de Condega, 2015).

La red urbana está compuesta por un total de 8,596 m entre calles y avenidas. De éstas se contabilizan 5,440 m de calles pavimentadas (con adoquín o asfalto) y 3,156 metros de calles sin pavimento.

Durante la época lluviosa las corrientes de agua provocan encharcamientos y grietas en la superficie del suelo natural. Al ser estos barrios periféricos de la ciudad, necesitan un mejoramiento sustancial de sus vías para incentivar el desarrollo socioeconómico y que vaya de la mano del progreso del resto de la ciudad (Alcaldía de Condega, 2015) **(Ver anexos capítulo I, fotos Pág. I-III)**

Durante el año 2008 se realizaron trabajos de revestimiento con macadán en los barrios Esfuerzo # 2, Canta Gallo, Esfuerzo #1, Casco García, Evaristo, siendo este el único registro de mejoramiento existente relacionado con obras viales, desde dicha fecha no existe intervención alguna de la Alcaldía en trabajos de mejoramiento de calles en el sector. (Alcaldía de Condega, 2015)

Actualmente la infraestructura vial del municipio se encuentra mayormente conformada por obras de tipo pavimento articulado. Las calles de la mayoría de los barrios de Condega se encuentran en mal estado e incluso las que cuentan con pavimento presentan un alto deterioro y carecen de mantenimiento por parte de las autoridades municipales, además de ser obras que datan de hace más de 20 años.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Para lograr un desarrollo socioeconómico sostenible en toda ciudad es importante contar con una red vial en buenas condiciones, por tanto, es de carácter prioritario dar mantenimiento a las vías de la ciudad, así como impulsar la construcción de nuevas calles y caminos. Debido al deterioro en que se encuentra el tramo que une los barrios Esfuerzo #2, Canta Gallo, Esfuerzo #1, Casco García y Evaristo, surge la formulación para la rehabilitación de las calles ya que actualmente se encuentran en mal estado provocando socavación, inundaciones en tiempo de lluvia e irregularidad vehicular y peatonal.

El tramo en estudio es de vital importancia para la ciudad de Condega, el mal estado del tramo dificulta, la calidad del servicio de transporte público, la producción, comercialización y movilización de los beneficiarios. Indudablemente que el mejoramiento de este tramo no solamente beneficiará a peatones y tránsito vehicular; reduciendo el tiempo de circulación por ende los costos de transporte. A su vez se verá beneficiada la población asentada a lo largo del tramo incrementando la perspectiva de desarrollo, mejorando su nivel de vida y generando nuevas plazas de empleo.

Una vez diseñado el tramo en su estructura de rodamiento la comuna en conjunto con los pobladores podrá realizar una gestión de fondos para la construcción.

Considerando lo anterior, el presente trabajo monográfico estará dirigido a la propuesta de un diseño de estructura de pavimento articulado que responda eficientemente ante las condiciones climáticas, volumen de tráfico, comodidad y ahorro de tiempo. Partiendo del reconocimiento visual en al área de estudio, estudio de tránsito, suelos y diseño estructural de pavimento, mediante la aplicación de los factores que afectan las condiciones locales auxiliados del método AASHTO-93 para diseño de pavimento flexible.

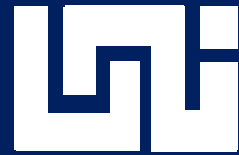
1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- Realizar el diseño de los espesores de la estructura de pavimento articulado mediante el método AASHTO-93 y presupuesto de obra de 994 metros lineales para el tramo de calle Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz del municipio de Condega, departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar el comportamiento del tránsito en el área de influencia mediante un conteo vehicular, con la finalidad de calcular el TPDA y cuantificar las cargas que circulan sobre el carril de diseño.
- Analizar el estudio de suelo existente a lo largo del tramo y de los posibles bancos de materiales para determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado, aplicando el método de la AASHTO-93 empleando los nomogramas y Software WinPAS (1.0.4).
- Calcular el costo y presupuesto de obra que tendrá el proyecto para su futura construcción.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO II

Estudio de Tránsito



2.1. Generalidades.

En este capítulo se realizó la proyección del tránsito actual de la vía, dependiendo de los resultados que exprese este estudio, se proyectaron los niveles de servicio, que deberá ofrecer el tramo en análisis, para su período de diseño, el tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento para poder calcular los espesores de pavimento.

Para la elaboración de este capítulo se dividió en las siguientes etapas:

2.2. Recopilación de Datos.

Se realizó por medio de conteo vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 3 días consecutivos, en las fechas del 19 hasta al 21 de enero del año 2019, entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2017. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en el **Anexo Cap. II, Tabla 80, pág. IV**.

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete, la estación de conteo vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del Conteo y Clasificación por Día (12.0 horas), del tramo en estudio se muestran en el siguiente anexo. (**Ver Anexo Cap. II, Tablas 81– 83, págs. IV-V**).

2.2.1. Tipos de Vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías. **(Ver Anexo Cap. II, Tabla 86, pág. VIII)**

2.2.1.1. Motocicletas.

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

2.2.1.2. Vehículos Livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

2.2.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

2.2.1.4. Vehículos Pesados de Carga.

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

2.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la Disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(Ver Anexo Cap. II, Tablas 88 - 89, pág. X)**

2.3. Procesamiento de Información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2017.

2.4. Análisis de la Información Obtenida.

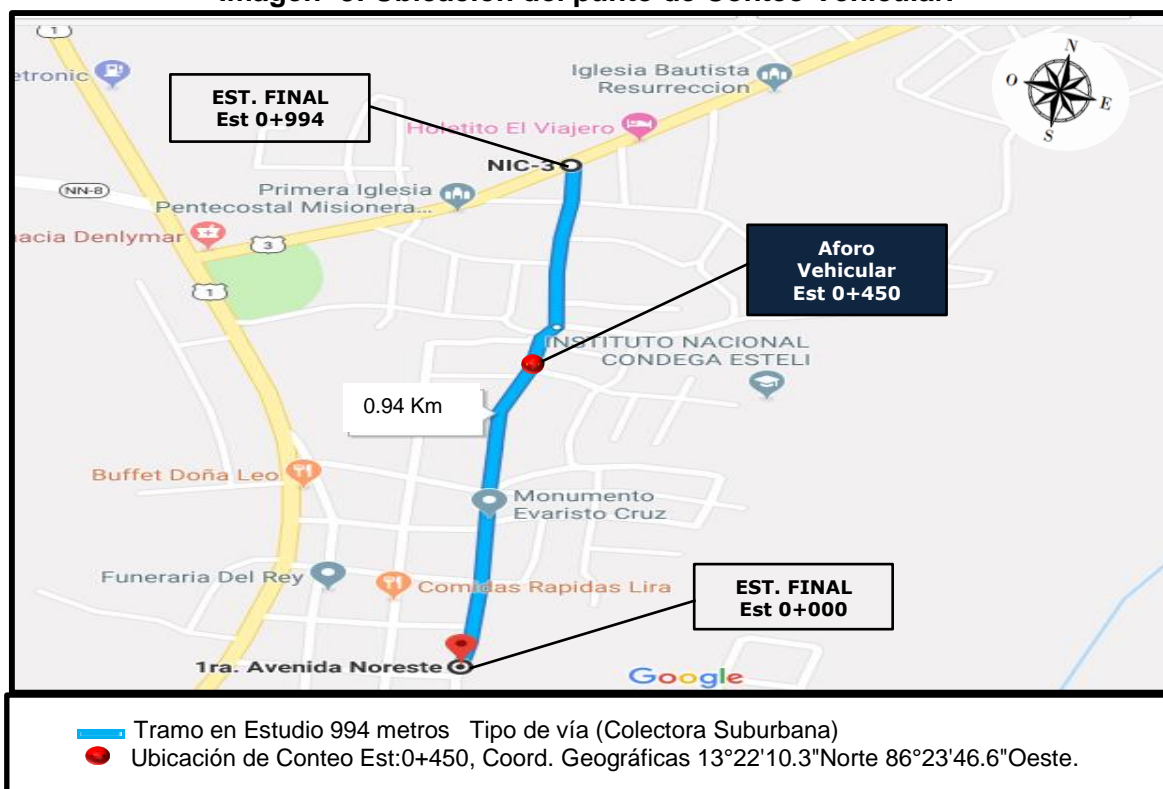
En este proceso se usó los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

2.5. Estación de Conteo Vehicular.

La estación de conteo vehicular, se ubicó en la estación: 0+450 (centro del tramo) en las coordenadas geográficas 13°22'10.3"Norte 86°23'46.6"Oeste" oeste, a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular, con la finalidad de determinar el volumen de tráfico que circula en la vía, la estación de conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitiera captar el 100% del tráfico en ambos sentidos de la vía.

En la **Imagen 3, pág. 10** se puede observar el tramo en estudio el cual se encuentra clasificado como colectora suburbana, su punto inicial la Est.0+000 ala Est. 0+994 final del tramo, con una longitud aproximada de (994 metros).

Imagen- 3: Ubicación del punto de Conteo Vehicular.



Fuente: Google Earth.

En la Est:0+450 (centro del tramo) se realizó un aforo de 3 días de duración, comenzando la actividad a partir del sábado 19 de enero y concluyendo esta actividad el día lunes 21 de enero año 2019, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas.

2.6. Procesamiento de Datos.

Se refiere a la tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo esta procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo.

De la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico vehicular diurno de 12 horas, durante un conteo de 3 días (sábado, domingo, lunes). En la **Tabla 1**, se muestran los conteos del tráfico, composición vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

2.6.1. Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularán en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

$$TPDiS = \frac{\text{Total Diurno Semanal}}{3 \text{ días}} \quad \text{Ecuación No 1.}$$

Tabla 1: Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS)/Ambos Sentidos.

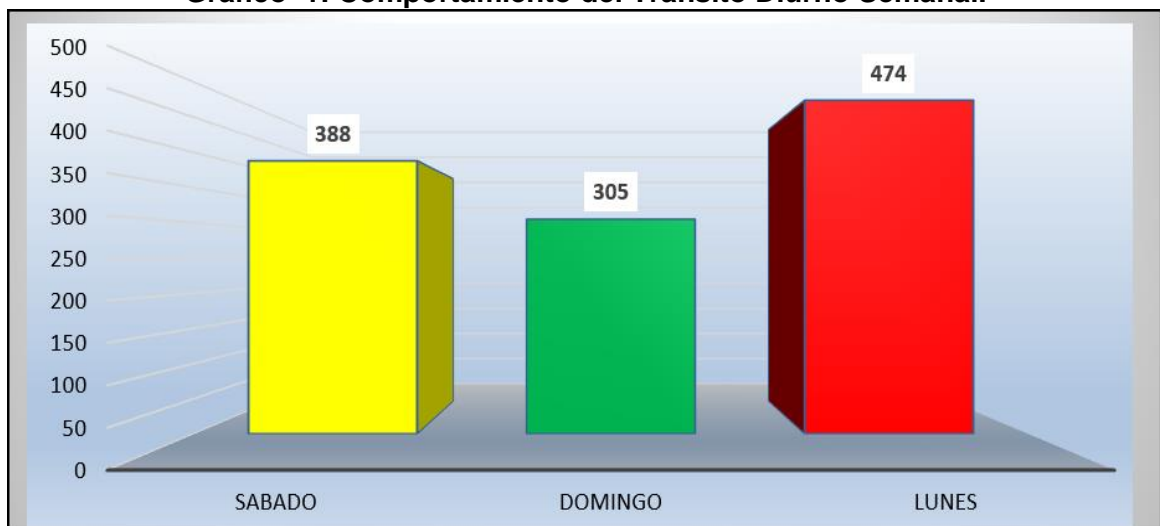
Tipo de Veh.	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga		Total
Día	Motos	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 P	Liv C2	C2	C3	
SABADO	118	89	22	90	9	3	21	19	17	388
DOMINGO	102	49	38	66	7	4	26	10	3	305
LUNES	131	124	30	96	5	5	34	25	24	474
TOTAL DIURNO	351	262	90	252	21	12	81	54	44	1167
TPDiS (Veh/12 hrs)	117	87	30	84	7	4	27	18	15	389

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Al finalizar el conteo de 3 días consecutivo durante 12 horas diurnas en la Est 0+450 (centro del tramo) y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel pudimos tener una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en el tramo de estudio, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS) en base a la **ecuación 1**, dándonos un valor de total de **389** vehículos por 12 horas diurnas.

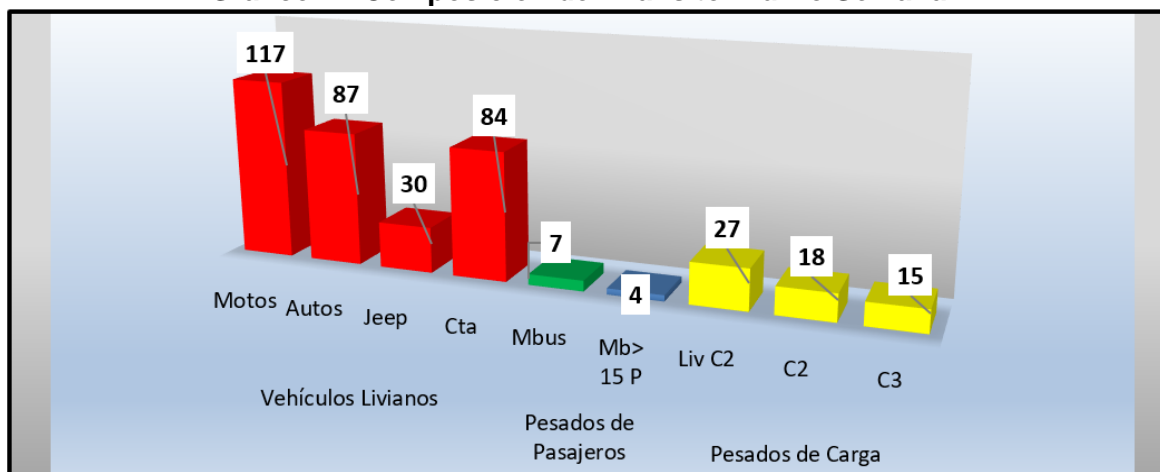
Luego se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno semanal, de igual manera otro Gráfico donde se muestra su composición en periodo de 12 horas. **(Ver gráfico a continuación).**

Gráfico 1: Comportamiento del Tránsito Diurno Semanal.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico 2: Composición del Tránsito Diurno Semanal.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En el **Gráfico 1** **pág. 12** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular diurno, donde se aprecia que los días con mayor demanda de vehículos es el día lunes seguido del día sábado y por último el día domingo.

En el **Gráfico 2** **pag.12** se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los Vehículos Livianos (motos, autos, camionetas, jeep) seguido de los vehículos pesados (C2, C3), y en menor cantidad los vehículos de pasajeros (micro bus y Mb>15p.).

2.6.2. Calculo del TPDA.

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios, necesarios para expandir (TPDiS a TPDA), los cuales fueron obtenidos del anuario estadístico del MTI del año 2017, para ello lo primero fue utilizar los vectores de correspondencia (Vector geográfico, volumen de tráfico, composición vehicular), necesarios para identificar con cual dependencia se debía trabajar, según el vector geográfico el tramo de estudio localizado en el departamento de Estelí-municipio de Condega se ubica en la región central norte vector R3 **Ver Tabla-2**

En Nicaragua existen 11 estaciones de mayor cobertura las cuales están distribuidas en las diferentes regiones, en este estudio utilizaremos la estación de mayor cobertura Sébaco-Emp San Isidro EMC-107, ubicada en la región central norte para seleccionar una estación de corta duración que se encuentra bajo su dependencia.

Tabla 2: Vector de Correspondencia Geográfico.

Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan

Fuente: Anuario de Tráfico 2017. MTI.

Bajo la dependencia de la estación EMC-107 se encuentran varias estaciones de corta duración (ECD) y conteo sumario (ECS), según el anuario de (tráfico del MTI-2017), se identificó la estación de corta duración ECD-111 Condega-Shell Palacaguina, la cual posee registros de conteos vehicular continuos, esta aplica para utilizarse, ya que el volumen de tráfico vehicular del tramo en estudio está por encima de los 300 vehículos por día, también presenta características similares con relación a la composición vehicular del tramo en análisis.

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas (TPDiS), se realizó en base a factores de ajustes, estos factores se aplican para estaciones (ECD o ECS) que dependen de la estación de mayor cobertura (EMC-107), en este caso se aplicaron para la estación de corta duración ECD-111 Condega- Shell Palacaguina), con la cual trabajaremos ya que su dependencia corresponde a la estación de mayor cobertura Sébaco – Empalme San Isidro EMC-107, se debe de conocer que la estación de mayor cobertura no posee factores de ajustes ya que el TPDA que presenta es correcto, debido a que sus conteos son de 24 horas durante una semana, cada tres cuatrimestres del año, por lo que los factores que presenta es para las estaciones que dependen de ella (**Ver Tabla 3 y 4 a continuación**).

Tabla 3: Dependencia de Estaciones (Estación Sébaco –Epm. San Isidro)

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
107 Sébaco - Emp. San Isidro	NIC-1	110	ECD	152.1	Estelí - Condega
	NIC-1	111	ECD	187.3	Condega - Shell Palacagüina
	NIC-1	114	ECD	199.5	Shell Palacagüina - Emp. Yalagüina
	NIC-4	405	ECD	65.0	Emp. Guanacaste - Emp. Nandaime
	NIC-4B	434	ECD		Rtda Tisma - Rtda. Las Flores (circunvalacion)
	NIC-4B	433	ECD		Rtda.Coyotepe - Rtda. Tisma (circunvalación)
	NIC-10	1006	ECD	54.0	Emp. Villa Carlos Fonseca - Emp. Masachapa(Inter Nic-8)

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017).

Tabla 4: Factores /1er cuatrimestre del año (EMC-107) Sébaco-Emp -San Isidro

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3
Factor Día ➡	1.28	1.30	1.34	1.28	1.32	1.33	1.19	1.33	1.51	1.41
Factor Semana ➡	1.02	1.03	1.02	0.99	0.98	1.50	1.00	0.87	0.89	0.88
Factor Fin de Semana	0.96	0.92	0.94	1.02	1.05	0.55	1.00	1.57	1.42	1.55
Factor Expansión a TPDA ➡	1.48	1.09	1.11	1.00	1.03	1.00	1.05	1.02	1.01	1.05

Fuente: Anuario de Tráfico 2017. MTI.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**:

$$TPDA = TPDiS_{12H} * FD * FS * FE \quad \text{Ecuación No 2}$$

Dónde:

TPDiS₁₂:Tráfico Promedio Diurno Semanal 12 horas.

FD: Factor Día.

FS: Factor Semana.

FE: Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Tabla 5: Calculo del TPDA, Aplicando Factores de Ajuste (FD, FS, FE).

ESTACIÓN: (0+450) INICIO DEL TRAMO.										
	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga		Total
Tipo de Vehículo	Moto	Auto	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 p	Liv C2	C2	C3	
TPDiS _{12HRS}	117	87	30	84	7	4	27	18	15	389
FACTOR DIA	1.28	1.30	1.34	1.28	1.32	1.33	1.33	1.51	1.41	
FACTOR SEMANA	1.02	1.03	1.02	0.99	0.98	1.50	0.87	0.89	0.88	
FACTOR EXPANSIÓN	1.48	1.09	1.11	1.00	1.03	1.00	1.02	1.01	1.05	
TPDA VERANO	227	127	46	107	10	8	32	25	20	602
%TPDA	37.7%	21.1%	7.64%	17.7%	1.6%	1.3%	5.316%	4.2%	3.3%	100%
% TPDA Vehículos Livianos=				84.22%						
%TPDA Vehículos de Pasajeros=				2.99%						
%TPDA Vehículos Pesados=				12.79%						

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

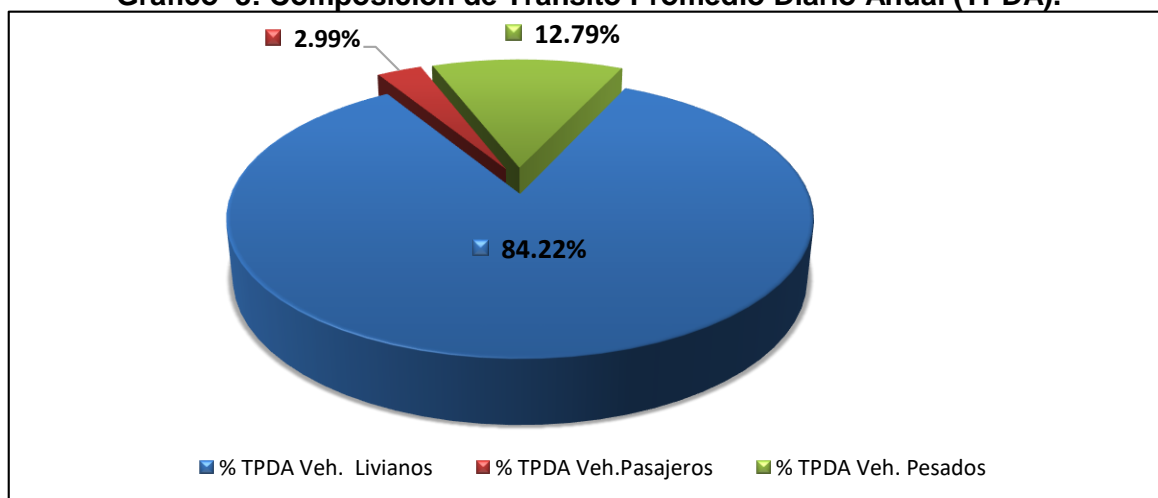
Para expandir nuestro (TPDiS₁₂ a TPDA), solo fue necesario utilizar el factor día (FD), factor semana (FS) y factor expansión (FE), el factor fin de semana no se utilizó ya que nuestro conteo de aforo se realizó durante tres días (sábado domingo y lunes). Cabe mencionar que los factores de ajustes utilizados son los del primer cuatrimestre del año, ya que los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de enero.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**, el cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resulta de: **602 vpd** (vehículos por día), por lo cual se trabajará con la estación ECD-111 Condega–Shell Palacaguina para realizar la estimación de una tasa de crecimiento acorde al desarrollo económico del país, para proyectar el TPDA calculado a un periodo de años.

2.6.3. Composición Vehicular.

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera obteniendo una composición vehicular de: vehículos livianos **84.2%**, vehículos de pasajeros **2.99%**, vehículos de carga **12.79%** obteniendo así un porcentaje de tráfico vehicular total de 100%, **Ver Gráfico a continuación**

Gráfico 3: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2. 7. Determinación de las Tasas de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento del tráfico vehicular futuro, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” y el producto interno bruto “PIB”, así como con la población “POB”, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB) de los últimos 16 años, donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2002 al año 2017. **(Ver Anexos, Capítulo II, Tabla-85, pág. VII)**

Tabla 6: Registros Históricos del TPDA, PIB, y POB.

AÑO	TPDA ECD 111	PIB (Miles \$)	POB (Miles de habitantes)
2002	1615	4026	5245
2003	2005	4101	5313
2004	1979	4465	5381
2005	2110	4872	5450
2006	2521	6764	5638
2007	2508	7423	5708
2008	2955	8497	5779
2009	2880	8299	5850
2010	-	8759	5923
2011	2740	9774	5997
2012	2622	10533	6071
2013	-	10983	6134
2014	-	11880	6198
2015	4361	12611	6263
2016	-	13184	6328
2017	3074	13814	6394

Fuente: Banco Central de Nicaragua (Informe Anual 2017).

2.7.1. Tasas de Crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el presente tramo se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” de la Estación N°111 de corta duración (ECD Condega–Shell Palacaguina).

En los registros de la estación N°111 ECD (Condega–Shell Palacaguina), podemos observar crecimientos altos en relación a los años anteriores, hasta llegar al 2015 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, elevando su tasa de crecimiento con relación a los años (2002-2012), algunos años no poseen registros por lo cual se realizarán correlaciones de las variables para saber si estos datos son confiables para la determinación de una tasa de crecimiento que se ajuste al crecimiento económico del país. **(Ver Anexos Capítulo II, Tabla-87, pág. IX).**

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación 3**:

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n– 1: Año anterior.

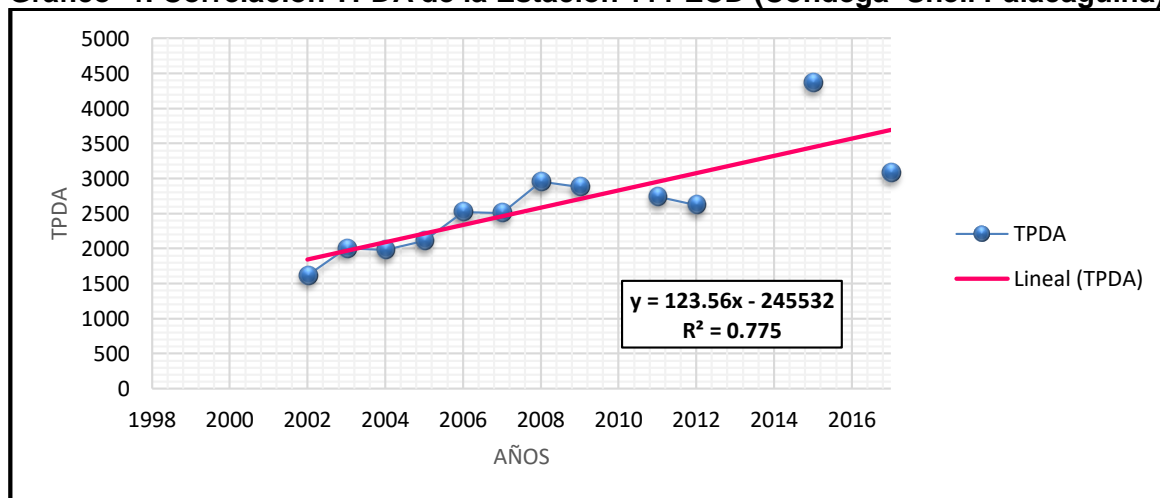
Tabla 7: Evolución TPDA de la Estación ECD 111 Condega-Shell Palacaguina.

AÑO	TPDA ECD-111	TCA
2002	1615	
2003	2005	24.15%
2004	1979	-1.30%
2005	2110	6.62%
2006	2521	19.48%
2007	2508	-0.52%
2008	2955	17.82%
2009	2880	-2.54%
2010	-	
2011	2740	
2012	2622	-4.31%
2013	-	
2014	-	
2015	4361	66.32%
2016	-	
2017	3074	-29.51%
Promedio	2614	9.62%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2017, MTI– DAV).

A partir de los registros históricos de la estación ECD-111 se dispuso a realizar una correlación de sus variables para determinar el grado de confiabilidad que existe entre ellas desde el año 2002 hasta el año 2017. **(Ver Gráfico 4 a continuación)**

Gráfico 4: Correlación TPDA de la Estación 111 ECD (Condega–Shell Palacaguina).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La correlación de las variables de la estación Cóndega-Shell Palacaguina ECD-111, da como resultado un coeficiente de determinación $R^2=0.775$, lo cual representa un valor bastante confiable con respecto a sus variables ya que este se encuentra por encima de 0.75, por lo que se trabajara con dicha estación para el cálculo de las tasas de crecimiento.

2.7.2. Correlación de Datos entre ECD N°111 y Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua (BCN), se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del producto interno bruto (PIB), de los últimos 16 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2002 al año 2017.

El PIB promedio 8,749 \$ Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 8.89%. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 16 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**.

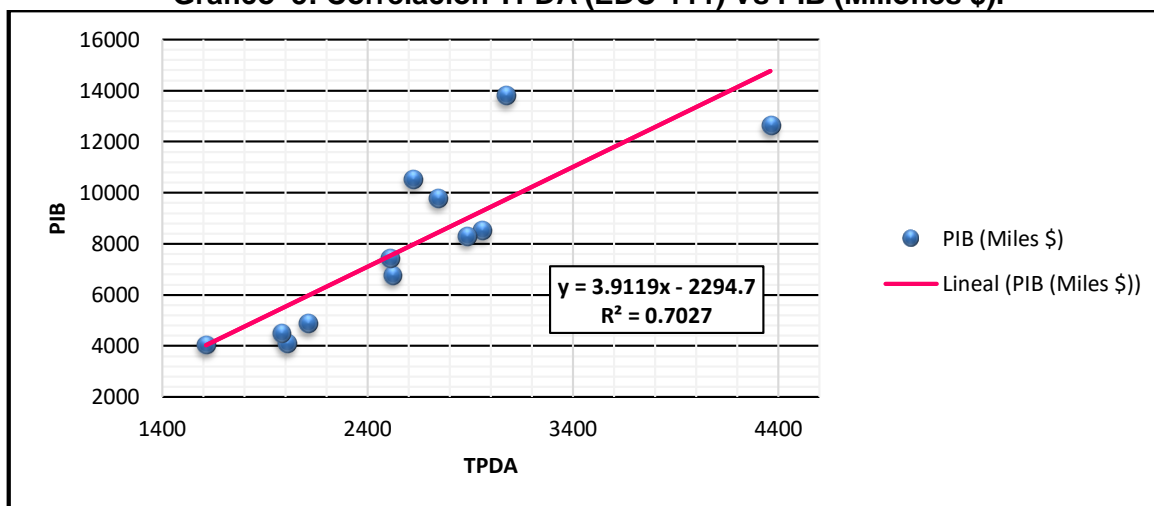
Tabla 8: Tasas de Crecimiento Anual para PIB.

AÑO	TPDA ECD-111	PIB (Miles \$)	Tasa Crecimiento Anual (PIB)
2002	1615	4,026	
2003	2005	4,101	1.87%
2004	1979	4,465	8.86%
2005	2110	4,872	9.12%
2006	2521	6,764	38.83%
2007	2508	7,423	9.75%
2008	2955	8,497	14.46%
2009	2880	8,299	-2.33%
2010		8,759	5.54%
2011	2740	9,774	11.60%
2012	2622	10,533	7.76%
2013		10,983	4.28%
2014		11,880	8.17%
2015	4361	12,611	6.15%
2016		13,184	4.55%
2017	3074	13,814	4.78%
Promedio	2,614 Veh/día	\$ 8,749	8.89%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2017.

Se obtendrá la elasticidad de los indicadores como lo son TPDA de la estación de corta duración ECD-111 Condega-Shell Palacaguina y el producto interno bruto del país de los últimos 16 años. Estas variables serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación que existe entre ellas. **(Ver Gráfico -5 a continuación)**

Gráfico 5: Correlación TPDA (EDC-111) Vs PIB (Millones \$).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Como se muestra en el **Gráfico–5** la correlación entre los datos de TPDA Vs PIB posee una buena correlación de variables, por lo cual la línea de tendencia presenta continuidad. En este caso se obtuvo un R^2 de **0.7027** este presenta una elasticidad de **3.9119**.

Luego se procede a mejorar la fórmula de R^2 , realizando el mismo procedimiento de correlación no sin antes aplicar Logaritmo Natural a los datos de la **Tabla-9**, con ellos se elaboran rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables en cuestión. A continuación, se muestra el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación:

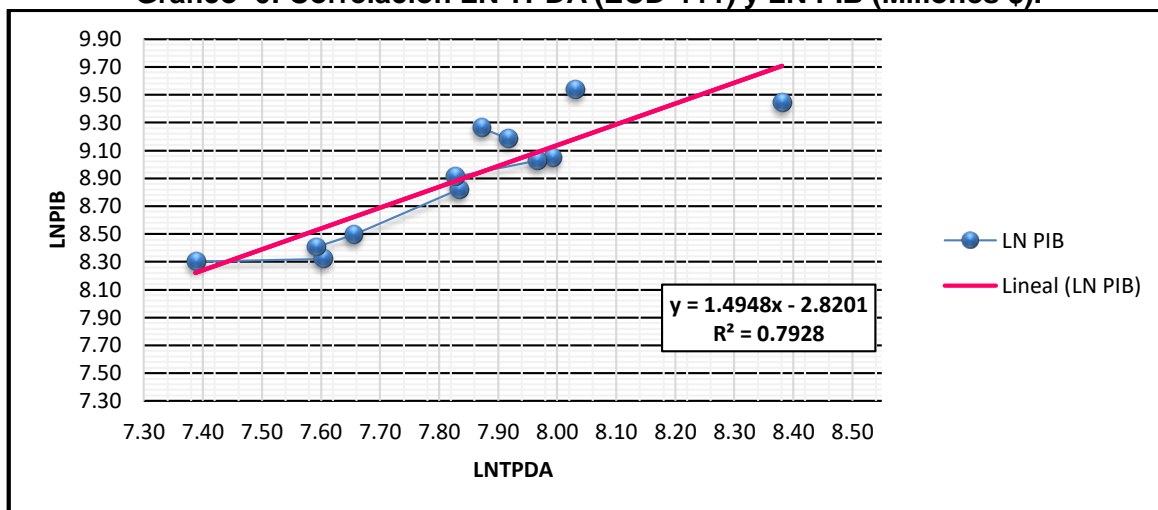
Tabla 9: Datos LN TPDA y LN PIB.

AÑOS	LN TPDA ECD 111	LN PIB (Miles \$)
2002	7.39	8.30
2003	7.60	8.32
2004	7.59	8.40
2005	7.65	8.49
2006	7.83	8.82
2007	7.83	8.91
2008	7.99	9.05
2009	7.97	9.02
2010	-	9.08
2011	7.92	9.19
2012	7.87	9.26
2013	-	9.30
2014	-	9.38
2015	8.38	9.44
2016	-	9.49
2017	8.03	9.53

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2017.

A continuación, en el **Gráfico-6** se muestra el resultado de la correlación entre las variables de los datos **LNTPDA Vs LNPIB** de la **Tabla 9**, el cual dio como resultado un coeficiente de determinación $R^2=0.7928$, en un periodo de 16 años del año 2002 al año 2017.

Gráfico 6: Correlación LN TPDA (ECD-111) y LN PIB (Millones \$).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 más alto. De la correlación de las variables **TPDA Vs PIB** y **LNTPDA Vs PIB** se obtiene lo siguiente:

Tabla 10: Resultados de Correlación TPDA (ECD-111) y PIB (Millones \$).

Correlación de TPDA Vs PIB (Gráfico -5)	
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.7027
Elasticidad	3.9119
Correlación de LN TPDA Vs LN PIB (Gráfico -6)	
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.7928
Elasticidad	1.4948

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Como se aprecia en la **Tabla-10**, se escoge la segunda elasticidad de la correlación de las variables de **LNTPDA Vs LNPIB** ya que el coeficiente de determinación R^2 es más alto que la correlación de variables entre **TPDA Vs PIB** así que esta se utilizará para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

2.7.3. Correlación de Datos entre ECD 111 y Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes de población (POB) de los últimos 16 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2002 al año 2017.

El POB promedio de 5,854 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.33%. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 16 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**.

Tabla 11: Datos ECD-111 y Tasas de Crecimiento Anual para Población.

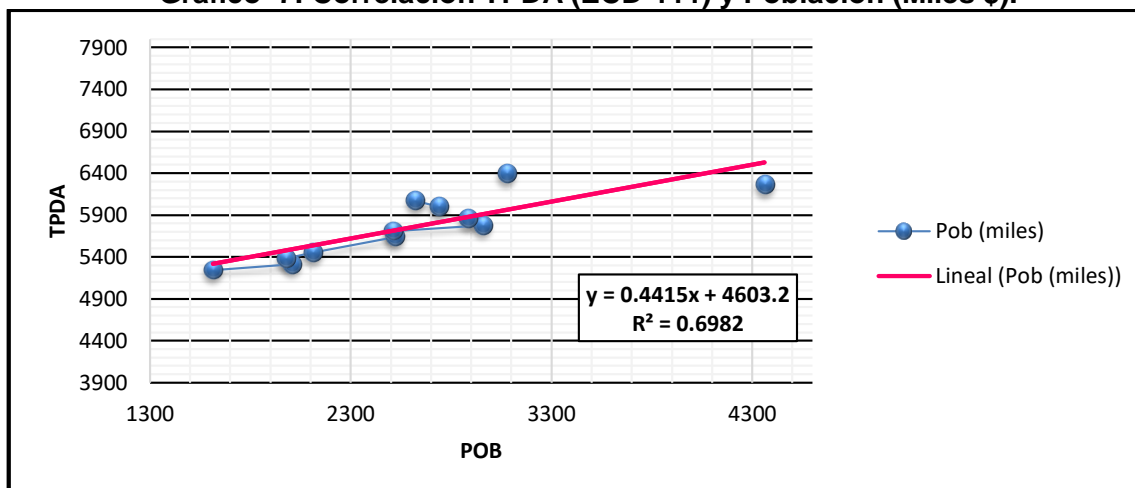
AÑO	TPDA ECD 111	POB (Miles/hab)	Tasa Crecimiento Anual (Pob)
2002	1615	5,245	
2003	2005	5,313	1.30%
2004	1979	5,381	1.28%
2005	2110	5,450	1.30%
2006	2521	5,638	3.44%
2007	2508	5,708	1.24%
2008	2955	5,779	1.24%
2009	2880	5,850	1.24%
2010		5,923	1.24%
2011	2740	5,997	1.24%
2012	2622	6,071	1.24%
2013		6,134	1.04%
2014		6,198	1.04%
2015	4361	6,263	1.04%
2016		6,328	1.04%
2017	3074	6,394	1.04%
Promedio	2,614 Veh/día	5,854 miles/hab	1.33%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2017.

Las variables de TPDA de la ECD 111 (Condega-Shell Palacaguina) y de Población serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas, de forma que se establezca su crecimiento con los diferentes tipos de tráfico a los cuales se deben realizar proyecciones.

A continuación, en el **Gráfico-7** se muestra el resultado de la correlación entre datos de la **Tabla-11**:

Gráfico 7: Correlación TPDA (ECD-111) y Población (Miles \$).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

A continuación, se muestra en el **Tabla -12** el cálculo de los logaritmos naturales necesarios previo al cálculo de la correlación:

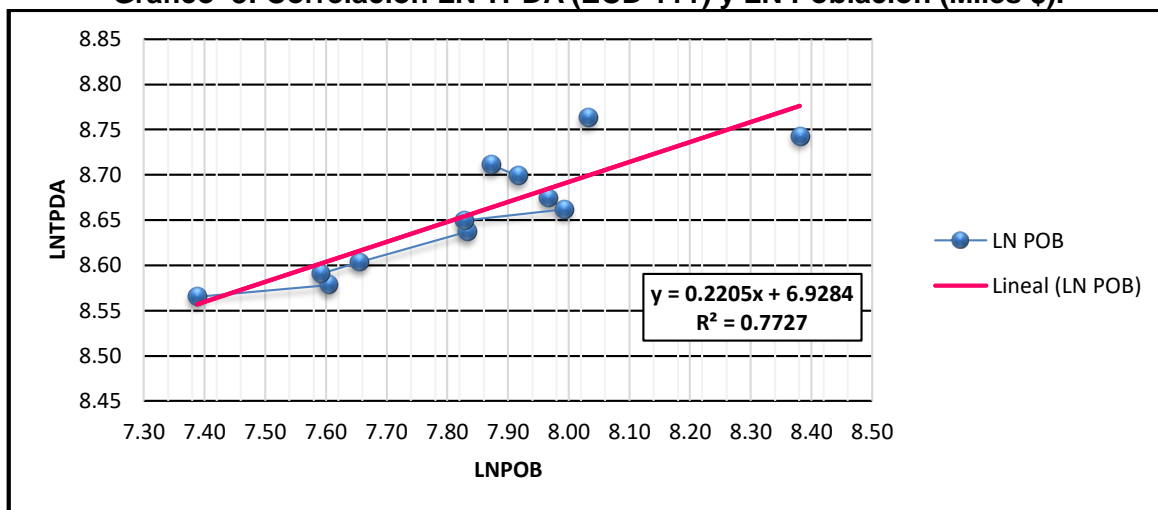
Tabla 12: Datos LNTPDA ECD-111 y LN POB.

AÑO	LN TPDA ECD 111	LN POB (Miles/Hab)
2002	7.39	8.56
2003	7.60	8.58
2004	7.59	8.59
2005	7.65	8.60
2006	7.83	8.64
2007	7.83	8.65
2008	7.99	8.66
2009	7.97	8.67
2010	-	8.69
2011	7.92	8.70
2012	7.87	8.71
2013	-	8.72
2014	-	8.73
2015	8.38	8.74
2016	-	8.75
2017	8.03	8.76

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2017.

En el **Gráfico-8** se muestra el resultado de la correlación entre datos del **Tabla: 12**:

Gráfico 8: Correlación LN TPDA (ECD 111) y LN Población (Miles \$).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 más alto de la correlación de las variables **TPDA Vs Población** y **LNTPDA Vs LNPOB** se obtiene lo siguiente:

Tabla 13: Resultados de Correlación TPDA (ECD-111) y POB (Miles/Hab).

Correlación de TPDA Vs POB (Gráfico -7)	
Coeficiente de Correlación (R^2)	0.6982
Elasticidad	0.4415
Correlación de LNTPDA Vs LNPOB (Gráfico -8)	
Coeficiente de Correlación (R^2)	0.7727
Elasticidad	0.2205

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Como se muestra en la **Tabla-13**, se escoge la segunda elasticidad porque el coeficiente (R^2) de la correlación de las variables de **LNTPDA Vs POB** es más alto, que la correlación de **TPDA Vs POB** así que esta se utilizará para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos (laborales, compras, estudios, recreativos y de otras índoles).

2.7.4. Calculo de Proyección de Tráfico.

Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos.

Tabla 14: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).

AÑO	TPDA ECD-111	PIB (Miles \$)	POB (miles)
2002	1615	4026	5245
2003	2005	4101	5313
2004	1979	4465	5381
2005	2110	4872	5450
2006	2521	6764	5638
2007	2508	7423	5708
2008	2955	8497	5779
2009	2880	8299	5850
2010	-	8759	5923
2011	2740	9774	5997
2012	2622	10533	6071
2013	-	10983	6134
2014	-	11880	6198
2015	4361	12611	6263
2016	-	13184	6328
2017	3074	13814	6394

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El método más común para proyección de tráfico es la siguiente ecuación:

$$T_c = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad (\text{Ec- 4})$$

Dónde:

TPDA_i= Tráfico Promedio Diario Anual Actual

TPDA₀= Tráfico Promedio Diario Anual del año Base.

n= La diferencia de años

A continuación, se presenta el cálculo de las tasas de crecimiento para los datos del registro histórico para TPDA, PIB, POB, Aplicando la **ecuación N°4**:

- **Tasa de crecimiento Vehículos Livianos:** utilizando datos históricos de TPDA de la estación ECD-111 (Condega-Shell Palacaguina) de los últimos 16 años.

$$T_c = \left[\left(\frac{3,074}{1,615} \right)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = \left[(1.9034)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = [1.04105] - 1$$

$$T_c = 0.04105 * 100 = \mathbf{4.1\%}$$

- **Tasa de crecimiento Vehículos de Carga:** utilizando datos históricos de PIB de los últimos 16 años.

$$T_c = \left[\left(\frac{13,814}{4,026} \right)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = \left[(3.43117)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = [1.08010] - 1$$

$$T_c = 0.08010 * 100 = \mathbf{8.01\%}$$

Afectando la Tasa crecimiento resultante con Elasticidad escogida **1.4948**.

$$T_c = 8.01\% * 1.4948 = \mathbf{12.0\%}$$

- **Tasa de crecimiento Vehículos de Pasajeros:** utilizando datos históricos de Población de los últimos 16 años.

$$T_c = \left[\left(\frac{6,394}{5,245} \right)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = \left[(1.21914)^{1/16} \right] - 1$$

$$T_c = [1.01246] - 1$$

$$T_c = 0.01246 * 100 = \mathbf{1.25\%}$$

Afectando la Tasa crecimiento resultante con Elasticidad escogida de **0.2205**.

$$T_c = 1.25 \% * 0.2205 = \mathbf{0.27\%}$$

Tabla 15: Consolidado de las Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB).

TC = (TPDA, PIB, POB) Afectadas Por Elasticidad de las Correlaciones		
Calculado TC TPDA= 4.10%	Calculado TC PIB= 12 %	Calculado TC POB= 0.27%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para elegir que tasa de crecimiento se utilizaría para proyectar nuestro tráfico se sacó el promedio de (TPDA, PIB, POB) según el año 2002-2017 y posterior una comparativa con las tasas calculadas utilizando las elasticidades de las correlaciones anteriores, para luego elegir el más acorde al promedio.

Tabla 16: Elección de Tasa de Crecimiento con Respecto al Promedio.

Tasas de Crecimientos Para TPDA -PIB -POB (2002-2016)				
TPDA= 4.10%	+	POB= 8.01%	+	POB= 1.25%
= PROMEDIO = 4.45%				
El Promedio se compara con las TC _{CALCULADAS} TPDA, PIB, POB				
TC _{CALCULADA} TPDA= 4.10%		TC _{CALCULADA} PIB= 12%		TC _{CALCULADA} POB= 0.27%
Elección de la Tasa de Crecimiento a Utilizar en Base al Promedio de TPDA PIB POB				
TC TPDA= 4.10%		TC TPDA=12.0%		TC POB=0.27%
ACEPTABLE		DEMASIADO ALTA		MUY BAJA

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La tasa de crecimiento que está más aceptable según el promedio de TPDA, PIB, POB es la tasa de crecimiento de TPDA de la estación ECD-111 que es de 4.10%

2.8. Selección de la Tasa de Crecimiento.

Se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de **4.10 %** para todo el tráfico, a consecuencia de que las tasas de crecimiento para **PIB** resulto muy alta de **12%** y para pasajeros de **0.27%** lo cual resulta muy baja, en cambio la tasa del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) resulta aceptable en base al crecimiento económico que vive el país actualmente.

2.9. Determinación del Tránsito de Diseño.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la siguiente **Ecuación N°5:**

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (Ec. 5)$$

2.9.1. Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. El tramo tiene una clasificación funcional de **Colectora suburbana** por su ubicación geográfica que comunica con centros urbanos y generadores de tráfico menores, además su volumen actual de tránsito que circula por ella es mayor a 250 veh/día, en dependencia de esto se eligió un periodo de diseño de **N=20 años**.

Tabla 17: Período de Diseño (N).

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	15 – 30
Colectoras Sub-Urbanas	10 – 20
Colectoras Rurales	10 – 20

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

2.9.2. Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación N°6**:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (\text{Ec. 6})$$

Dónde:

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.0410)^{20} - 1}{0.0410} = 30.09$$

2.9.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos.

Tabla 18: Factor de Distribución por Dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de **0.5** para el tramo en estudio.

2.9.4. Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En el **Tabla-19** se presenta el factor carril.

Tabla 19: Factor de Distribución por Carril (Fc).

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Se tomó el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la **Ecuación N°5 de la pág. 29**, tal como se muestra en la **Tabla -20**:

Tabla 20: Tránsito de Diseño.

<i>Tipo de vehiculos</i>	<i>Tránsito Actual (2019)</i>	<i>F.C.</i>	<i>Días del año</i>	<i>Factor por carril(Fc)</i>	<i>Factor de Dirección (Fs)</i>	<i>Tránsito para el carril de diseño</i>
Autos	127	30.09	365	0.50	1.00	697,411.00
Jeep	46	30.09	365	0.50	1.00	252,606.00
Camionetas	107	30.09	365	0.50	1.00	587,583.00
McBus<15 pas	10	30.09	365	0.50	1.00	54,915.00
MnBus 15-30 pas	8	30.09	365	0.50	1.00	43,932.00
C2 liv	32	30.09	365	0.50	1.00	175,726.00
C2 5 +ton	25	30.09	365	0.50	1.00	137,286.00
C3	20	30.09	365	0.50	1.00	109,829.00
TOTAL DE DISEÑO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS						2,059,288.0

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los resultados de la **Tabla -20** para el tramo de calles Esfuerzo#2 y Evaristo Cruz utilizando un factor de crecimiento de **30.09**, con un periodo de diseño de **20** años, da como resultado un tránsito de diseño de **2,059,288.0 Vehículos**.

2.9.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexible fue de 4.2 según el manual SIECA (Sistema de Integración Económica Centroamericana Capítulo 3 Pág. 4). En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de calles Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz se trabajó con un valor de **Po=4.2**.

2.9.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes: Para camino vecinal y colectora suburbana se toma un valor de $pt = 1.8 - 2.0$ según el manual SIECA (Sistema de Integración Económica Centroamericana, Capítulo 3 Pág. 4.)

En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

2.9.7. Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación N°7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ec. 7})$$

En el diseño de la estructura de pavimento articulado del tramo de calles Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

2.9.8. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

2.9.9. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes sencillos y dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t=2.0$), el número estructural asumido ($SN=5$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips), se obtienen los factores de equivalencia (**Ver Anexos (Tablas – 90 y 91), págs. XI y XII**). Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

Se procede a interpolar los pesos por eje dados en Kips reflejados a continuación:

Tabla 21: Factores de ejes Kips a Interpolar.

VALORES A INTERPOLAR			
Utilizando la tabla 90 en anexos Factores de Equivalencia de carga ejes simple	EJES SENCILLOS	Utilizando la tabla 91 Factores de Equivalencia de carga ejes dobles	EJES DOBLES
	2.2		36.30
	4.4		
	8.8		
	11		
	17.6		
	22		

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para realizar el cálculo de interpolación de los ejes sencillos, se utilizó la tabla 90 de factores de carga, mientras que para conocer los factores de carga de ejes dobles se utilizó la tabla 91, utilizando en ambos casos un $SN=5$ asumido.

En las **Tablas 22, 23 y 24** se realizaron los cálculos de interpolación obteniendo los factores ESAL para cada peso por eje en KIPS por cada tipo de vehículo.

Tabla 22: Interpolación Lineal (2.2 Kips, 4.4 Kips, 8.8 Kips).

EJE SIMPLE= 2.2 kips		EJE SIMPLE= 4.4 kips		EJE SIMPLE= 8.8 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
2.0	0.0002	4.0	0.002	8.0	0.031
2.2	X	4.4	X	8.8	X
4.0	0.002	6.0	0.009	10.0	0.079
X = 0.00038		X = 0.0034		X = 0.0502	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 23: Interpolación Lineal (11 Kips).

EJE SIMPLE= 11 kips	
(kips)	SN=5
10.0	0.079
11.0	X
12.0	0.0174
X = 0.1265	

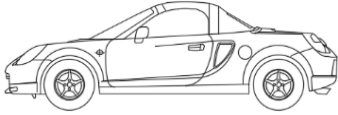


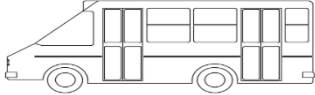
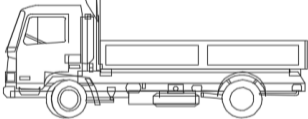
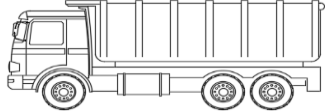
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 24: Interpolación Lineal (17.60Kips, 36.30 Kips).

EJE SIMPLE= 17.60 kips		EJE DOBLE= 36.30 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
16.0	0.603	36.0	1.38
17.60	X	36.30	X
18.0	1.00	38.0	1.73
X = 0.9206		X = 1.43	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 25: Tipos de Vehículos a los cuales se interpola los ejes en Kips.

Auto 	Camioneta 
Micro Bus 	Micro bus>15 
Camión de Carga C2,C3 	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2.9.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos del cálculo, se los transforma un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” o ESAL.

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{Ec.8})$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de carga por eje.

Ya conocido los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo cuyos resultados se muestran en la **Tabla -20** de la pág. 31. En donde el TPDA para motos no se tomó en cuenta en el cálculo del tránsito de Diseño, ya que se considera que el daño causado por este tipo de vehículo es imperceptible.

El cálculo de los ejes equivalentes a 18 KIPS para cada vehículo se estimó en base al tránsito de diseño y los factores **ESAL** para cada eje, este último se determinó utilizando las tablas 90 y 91 pág. XXI, XXII de Anexos, considerando una serviciabilidad final de $pt=2.0$ y un $SN=5$, para lo cual se debió conocer los pesos de cada eje en toneladas y luego pasarlo a Kips fue necesario utilizar la tabla de diagramas de carga permisibles para la conversión.

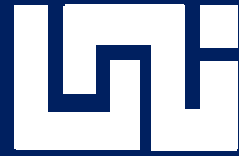
Los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), los cuales se tuvieron que interpolar fueron cinco (5) valores de FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.60), y un (1) valor de FESAL para ejes Dobles (36.30). Solo el peso de 22 Kips no se interpola ya que el FESAL (2.35), sí se muestra en el cuadro AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos. El cálculo del **ESAL o W18** se muestra a continuación, en la **Tabla-26:**

Tabla 26: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>Peso X eje(Ton.met)</i>	<i>Peso X eje (Kips)</i>	<i>Tipo de eje</i>	<i>TPDA 2019</i>	<i>TD</i>	<i>Factor ESAL</i>	<i>ESAL de diseño</i>
Autos	1.00	2.20	Simple	127	697,411	0.00038	265
	1.00	2.20	Simple			0.00038	265
Jeep	1.00	2.20	Simple	46	252,606	0.00038	96
	1.00	2.20	Simple			0.00038	96
Camionetas	1.00	2.20	Simple	106	587,583	0.00038	223
	2.00	4.40	Simple			0.0034	1998
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	9	54,915	0.0034	187
	4.00	8.80	Simple			0.0502	2757
MnBus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	8	43,932	0.0502	2205
	8.00	17.60	Simple			0.9206	40444
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	32	175,726	0.0502	8821
	8.00	17.60	Simple			0.9206	161773
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	24	137,286	0.1265	17367
	10.00	22.00	Simple			2.35	322622
C3	5.00	11.00	Simple	20	109,829	0.1265	13893
	16.50	36.30	Doble			1.433	157330
TOTAL				375 de 602	2,059,288.0		730,342.00
Nota: Se tomó un TPDA de 375 vehículos del total resultante que fue de 602 vehículos, ya que las motos no se tomaron en cuenta por no ejercer una carga considerable al pavimento.							

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el tramo de calles Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz se obtuvo un ESAL'S **7.303 +05** repeticiones equivalentes a 18 Kips o 80 KN acumuladas en un periodo de diseño de 20 años, trabajando con una **P₀=4.2, P_t=2.0, ΔPsi=2.2**.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO III

Estudio Geotécnico



3.1. Metodología.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en análisis, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento flexible. Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos fueron proporcionados por la Alcaldía de Condega, de un Estudio realizado por el laboratorio EDICO (Estudios y Diseño Ingenieros Consultores) en el año 2018.

Todos los ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Próctor), los cuales son los siguientes:

Tabla 27: Tipos de Ensayos para Estudio de Suelos.

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría	D – 422	T – 2788
Límite Líquido	D – 423	T – 8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D – 424	T – 9097
Ensayo Próctor Modificado	D – 1557 – 91	T – 180 – 90
Ensayo CBR.	D – 1883 – 73	T – 193 – 81

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

3.2. Ensayos de Suelos en Línea.

Según los estudios de suelos brindados por la alcaldía de Condega, se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, a una distancia de 100 metros. Con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 (inicio del tramo) hasta la estación 0+994 (fin del tramo). Se efectuaron 11 sondeos manuales, en estos sondeos se encontraron 25 muestras alteradas representativas de cada estrato encontrado, marcando las profundidades respectivas. **(Ver Anexos Cap. III, Tabla-93, pág. XIV).**

3.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.

A continuación, se muestra el tipo de suelo para cada uno de los estratos del tramo en estudio, según los resultados de clasificación obtenidos en los sondeos manuales realizados por el laboratorio EDICO:

Estaciones (00+000- 00+400), Sondeo (S1- S5).

En el primer estrato de la estación 0+000 inicio del tramo sondeo (S1), hasta la estación 00+400- sondeo (S5), encontramos dos tipos de suelo predominando un **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra a una profundidad que varía entre 0.00- 0.40 metros, situado en las estaciones (0+000–00+300), este material está catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular a deficiente, se encuentra dentro del grupo A-2, posee un límite líquido determinado de 31%, su índice de plasticidad de 13 a 16%, presenta un valor de CBR al 95% próctor modificado de 9 a 19%, presenta un porcentaje de humedad que va de 6.5 a 12.9%, la descripción que presenta un material con grava pobremente graduado con Arcilla y Arena.

Posterior en la estación 0+400 tenemos un suelo **A-1-a (0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra a una profundidad que varía entre 0.00-1.50 metros, está catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de excelente calidad, se encuentra dentro del grupo A-1, presenta una descripción de una grava bien gradada color café con pintas amarillentas, no posee límite líquido y su índice de plasticidad es 3%, tiene un porcentaje de humedad de 2.3% su CBR al 95% próctor modificado variable de 48 a 58%.

En el segundo estrato se encuentran 3 tipos de suelo a lo largo del tramo, inicia con un tipo de suelo **A-7-5 (17)** con índice de grupo setenta y dos, este suelo se encuentra a una profundidad que varía entre 0.35 -1.50 metros, presenta limo arcilloso de alta plasticidad color café claro, este tipo de suelo según su clasificación AASHTO se encuentra dentro del grupo de suelo A-7, catalogado como un material de muy mala calidad, posee un límite líquido de 57%, su índice de plasticidad de 25%, su CBR al 95% próctor modificado de 4%.

En la estación (00+100) ala (00+300) sondeo (2) y sondeo (4) se encuentra un tipo de suelo **A-2-4(0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra a una profundidad que varía entre 0.35 -1.50 metros, presenta una grava limo arenosa con arcilla color café claro, este tipo de suelo según su clasificación AASHTO se encuentra dentro del grupo de suelo A-2, catalogado como un material de regular calidad, posee un límite líquido que varía de 26 a 36%, posee un índice de plasticidad de 8 a 10%, su CBR al 95% próctor modificado es de 9.8 a 12%.

De manera puntual en la estación 0+400 sondeo (S5) se encuentra un tipo de suelo A-1-a (0) con índice de grupo cero, este material presenta las mismas características descritas anteriormente en los sondeos (S1, S5), cabe resaltar que pertenece al mismo tipo de suelo del primer estrato, sin embargo, presenta una CBR al 95% próctor modificado variable que va de 48 a 58%, no posee limite liquido ni índice de plasticidad.

Estaciones (00+500- 00+944) Sondeo (S6- S11).

En el primer estrato de la estación 0+500 sondeo (S6), hasta la estación 0+944-sondeo (S11), encontramos tres tipos de suelo a lo largo del tramo , iniciando con un **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra a una profundidad que varía entre 0.00 -0.45 metros entre las estaciones (00+500 a la 00+800) catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular a deficiente calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2, presenta una grava pobremente gradada con arcilla y arena, su límite liquido determinado es de 35%, y su índice de plasticidad de 16%, su CBR al 95% próctor modificado es variable de 12 a 19%.

De manera puntual se encuentra en la estación (00+900), sondeo (S10), un tipo de suelo **A-1-a (0)** con índice de grupo cero, este tipo de suelo presenta grava bien gradada color café con pintas amarillentas, este tipo de suelo según su clasificación AASHTO se encuentra dentro del grupo de suelo A-1, no posee limite liquido ni posee índice de plasticidad, su CBR al 95% próctor modificado va de 45 a 58%.

De manera puntual en la estación 0+994 sondeo (S11) se encuentra un tipo de suelo A-2-4 (0) con índice de grupo cero, este material presenta grava limo arenosa con arcilla color café claro, catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2, su límite líquido es de 26% y su índice de plasticidad de 10%, su CBR al 95% próctor modificado es de 31%, si bien este tipo de material se encontró en el segundo estrato de los sondeos (S1,S5) presenta características diferentes.

En el segundo estrato encontramos dos tipos de suelos sin embargo el suelo predominante es un suelo tipo **A-2-7 (0)** con índice de grupo cero, se encuentran en las estaciones (00+500, 00+700,00+800, 00+994) sondeos (S6,S8,S9,S11), este material se encuentra desde los 0.20-1.50 metros, catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de mala calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2, su límite líquido va de 45 a 53%, su índice de plasticidad va de 20 a 28%, su CBR al 95% próctor modificado es variable de 12 a 17%. **(Ver Anexos Cap. III, Tabla-93, pág. XIV).**

3.2.3. Análisis de los Resultados.

En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos **A-2-4, A-2-7, A-2-6 y A-7-5**. son suelos de baja resistencia con calidad de regular a deficientes, límites líquidos e índices de plasticidad altos según su clasificación y características físico - mecánicas de la AASHTO. También están presentes, pero en menor cantidad los suelo **A-1-a**, se conoce que son suelos de buena calidad según la clasificación de la AASHTO. Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó el perfil estratigráfico del sitio en análisis. **(Ver Anexos Cap. III, Gráficos 13-14, pág. XV - XVI).**

A continuación, se presenta la referenciación en Coordenadas UTM WGS-84 para cada uno de los sondeos también los estratos y su clasificación AASHTO. **(Ver Tablas 28 Pág. 41)**

Tabla 28: Coordenadas Geográficas para cada Sondeo en el tramo de Estudio.

Sondeos	Banda	Coordenadas UTM WGS-84			Clasificación AASHTO		
		X	Y	Z	Estrato No.1	Estrato No.2	Estrato No.3
S1-0+000	BD	565,309.44	1,477,394.96	559.94	A-2-6 (0)	A-7-5 (17)	A-7-5 (19)
S2-0+100	BI	565,306.20	1,477,496.30	563.36	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	-
S3-0+200	BI	565,325.17	1,477,593.02	566.91	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	-
S4-0+300	BD	565,342.00	1,477,692.07	568.19	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	-
S5-0+400	BD	565,352.54	1,477,900.90	560.94	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)
S6-0+500	BI	565,352.99	1,478,000.97	563.22	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	-
S7-0+600	BD	565,395.87	1,478,092.47	564.83	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	ROCA
S8-0+700	BI	565,418.90	1,478,185.92	562.01	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)
S9-0+800	BD	565,428.57	1,478,285.60	566.79	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	
S10-0+900	BI	565,430.82	1,478,385.71	568.21	A-1-a (0)	A-1-a (0)	
S11 0+994	BD	565,438.98	1,478,480.88	570.17	A-2-4 (0)	A-2-7 (0)	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En la Tabla:28 se muestra la referenciación de los 11 sondeos realizados a cada 100 metros, a una profundidad de 1.50 metros, los resultados se presentan utilizando el sistema de coordenadas UTM WSG-84, así como las elevaciones del terreno natural existente y su ubicación en banda. Los sondeos que presentan tres estratos son los (S1, S5, S8), y los sondeos (S2, S3, S4, S6, S7, S9, S10, S11) poseen dos estratos, de manera puntual en el sondeo siete (S7) se muestra que no se pudo profundizar más ya que se encontró material rocoso a los 1.20 metros de profundidad.

3.3. Resultados de Ensayos a Bancos de Préstamo.

En base en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorios suministrados por la Alcaldía de Condega, se analizaron tres (3) Bancos de préstamo identificados a lo largo del tramo en estudio; para así poder conocer la función que pueden desempeñar éstos, al ser usados ya sea como material base o sub-base, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 29: Banco de Materiales Identificados.

BANCOS DE PRESTAMO			
Dueño	Domingo Palacios #1	Bayardo Hurtado #2	Concepcion Garcia #3
Estación	342 metros Noreste-Yali	7.2 kilometros Noreste -Yali	9.4 kilometros Noreste -Yali
Distancia del Camino (m, Izq/Der)	a 342 m de la est. Final (a 40 metros lado Izq)	a 7.2 km de la est. Final (20 m Izq)	9.4 kilómetros final del tramo(40 m Izq)
Volumen Aproximado (m³)	27,000 m³	48,000 m³	18,000 m³
Uso Probable	Relleno/Retroexcavadora	Subbase/Retroexcavadora	Subbase/Retroexcavadora
Clasificación	A-1-a (0)	A-2-6 (0)	A-2-6 (1)
Altura	14.00	16.00	12.00
Ancho	42.00	58.00	34.00
Largo	46.00	52.00	44.50
Ver Anexo Capítulo III Imagen-14,15,16 Pág. XXIII,XXV,XXVII			

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega- EDICO.

3.3.1. El Banco de Préstamo Domingo Palacios #1.

se localiza en la estación a 342 metros de la estación final 0+994, a 40 metros lado Izquierdo, en las coordenadas UTM/GWS-84 X=565710, Y=1478681, ubicado en el barrio Guadalupe.

El propietario de este banco es el Sr. Domingo Palacios. El volumen aproximado de este banco es de 27,000 m³, este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde principalmente a una arena con limo y grava tipo A-1-a (0) color café claro. No posee Limite Líquido, Limite Plástico ni índice de plasticidad, y sus partículas pasan 70% el tamiz de 1 1/2", 32% el tamiz No.4, y 9% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,990 kg/m³, su Humedad Optima de 13.8%, su PVSS es de 1,378 kg/m³, el PVSC de 1,488 y su Factor de Abundamiento de 1.41.

El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de 64, 83.4 y 96%, respectivamente.

Este material tiene 48% de Desgaste Los Ángeles y 12% de Intemperismo Acelerado.

3.3.2. Banco de Préstamo Bayardo Hurtado #2.

se localiza a 7.2 kilómetros de la estación final 0+994, a 20 metros lado izquierdo, en las coordenadas X=570437, coordenada Y=148176 comunidad Tierras Azules.

El propietario de este banco es el Sr. Bayardo Hurtado. El volumen aproximado de este banco es de 48,000 m³. este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde principalmente a arena arcillosa con grava de baja compresibilidad tipo A-2-6 (0), con índice de grupo cero, color café oscuro, posee 38% de limite líquido, 24% de Índice Plástico y 14% de Limite Plástico, sus partículas pasan 100% el tamiz de 2", 49% el tamiz No.4, y 14% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,811 kg/m³, su Humedad Optima de 12.3%, su PVSS es de 1,410 kg/m³, el PVSC de 1,537 y su Factor de Abundamiento de 1.40.

El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de 17, 24 y 33%, respectivamente.

Este material tiene 28% de Desgaste Los Ángeles y 7% de Intemperismo Acelerado.

3.3.3. Banco de Préstamo Concepción García #3.

se localiza a 9.4 kilómetros de la estación inicial (0+994) este se encuentra fuera del tramo, a 40 metros lado izquierdo, en las coordenadas X=572782, coordenada Y=1481071, está ubicado en loma La Pita. El propietario de este banco es el Sr. Concepción García. El volumen aproximado de este banco es de 18,000 m³. Este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde a una grava pobremente graduada con arena tipo A-2-6 (0), con índice de grupo cero, color marrón amarillento. Tiene 23% de Límite Líquido, 14% de Índice de Plasticidad, y 9% de Limite Plástico, sus partículas pasan 88% el tamiz de 3", de 37% el tamiz No.4, y de 15% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 2,062 kg/m³, su Humedad Optima de 12.6%, su PVSS es de 1,369 kg/m³, el PVSC de 1,519 y su Factor de Abundamiento de 1.42.

El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de 38, 46 y 54%, respectivamente.

Este material tiene 30% de Desgaste Los Ángeles y 7.1% de Intemperismo Acelerado.

Los estudios de los tres bancos de préstamo identificados como: ensayos de carga a penetración, desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado etc, se pueden corroborar en el siguiente anexo **(Ver Anexos Capítulo III Tabla 94 a la 99, Pág. XVII-XXII)**

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo identificados, de acuerdo con las exploraciones realizadas y a los ensayos de laboratorio efectuados por el laboratorio EDICO, presentan de manera resumida las siguientes características físico mecánicas:

Tabla 30: Características de los Bancos de Prestamos Identificados.

BANCO No.	ESTACION Km + m	Muestra No.	DESCRIPCION VISUAL DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA											Límites			Clasificación		Humedad %	CBR al 95%			
				3"	2"	1	1/2"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	LP	AASHTO							
																	Grupo	IG						
Nº 1 (Domingo Palacios)	342 m de la Est Final	1	Arena con limo y grava, color café claro	100	83	74	70	64	50	32	20	12	9	NP	NP	NP	A-1-a	0	13.8	83.4				
Nº 2 (Bayardo Hurtado)	7.2 km de la Est Final	1	Arena arcillosa con grava de baja compresibilidad	100	100	91	81	78	66	49	33	21	14	38	24	14	A-2-6	0	12.3	24				
Nº 3 (Concepcion Garcia)	9.4 km de la Est Final	1	Grava con arcilla y arena baja compresibilidad	88	76	69	58	48	44	37	28	20	15	23	14	9	A-2-6	0	12.6	46				
Observaciones: (LL) Limite liquido (NP) No Posee valor (LP) Limite Platico (IP) Indice de Plasticidad (IG) Indice de Grupo																								
BANCO No.	ESTACIO N Km + m	Distancia del Camino (m, lzq/Der)	Coordenadas UTM/GWS-84	Muestra No.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Clasificación AASHTO	PVSS	PVSC	PVS MAX	Densidad Seca (kg/m³)	Humedad %	Valor de CBR (%)												
						Grupo						90%	95%	100%										
Nº 1 (Domingo Palacios)	342 m	De la Est 0+994 a 342 metros (40m lzq) Barrio Guadalupe	X=565710 Y=1478681	1	Arena con limo y grava, color café claro.	A-1-a (0)	1,378	1,488	1,990	1,854	13.8	64	83.4	96										
Nº 2 (Bayardo Hurtado)	7.2 km	De la Est 0+994 a 7.2 km (20 m lzq) Tierras Azules	X=570437 Y=148176	1	Arena arcillosa con grava de baja compresibilidad	A-2-6 (0)	1,410	1,537	1,811	1,892	12.3	17	24	33										
Nº 3 (Concepcion Garcia)	9.4 km	De la Est 0+994 a 9.4 km (40 m lzq)	X=572782 Y=1481071	1	Grava con arcilla y arena baja compresibilidad	A-2-6 (0)	1,369	1,519	2,062	1,989	12.6	38	46	54										
Observaciones:																								
IG=Indice de Grupo m = metros km = Kilometros lzq= Izquierda Der= Derecha																								

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega- EDICO.

3.3.4. Consideraciones para Elección del Banco a Utilizar.

3.3.4.1. Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia. Por lo tanto, deben de cumplir las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31: Especificaciones de Materiales Empleados en una Base Granular.

Propiedad	Limites	Norma de Prueba
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Limite plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
C.B.R	80% Mín.	AASHTO T-193
Desgaste de los Angeles	50% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b).

3.3.4.2. Consideraciones para la Sub-Base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones de la tabla siguiente:

Tabla 32: Especificaciones de los Materiales para la Sub – base.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Angeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Próctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.4. Banco de materiales propuesto para la Capa Base.

El **Banco de préstamo Domingo Palacios #1** posee el CBR más altos de los bancos identificados que es de **83.4%**, al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2000, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como base. **Ver tabla a continuación**

Tabla 33: Requerimientos Mínimos para la Capa Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 1	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	48%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Máx. 12%	12%	Cumple
Limite plástico	Máx. 10%	No posee	Cumple
Limite liquido	Máx. 25%	No posee	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	83.4%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

De acuerdo la **Tabla 32** el banco de préstamo Domingo Palacios se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que el parámetro del ensayo CBR al 95% próctor modificado es mayor a 80%, que es el mínimo permitido por las especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

El banco de préstamo Domingo Palacios cumple con el ensayo de desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado y con los requisitos de graduación según la sección 1003.10 de la NIC 2000, ver tabla a continuación.

Tabla 34: Requisitos Graduación de Agregados (Banco N°1).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	32	Cumple
0.075	0-15	9	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.5. Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base.

El material de **sub-base** deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

El **Banco de préstamo Bayardo Hurtado #2** posee el CBR más bajo de los bancos identificados que es de **22%**, al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2000, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como subbase.

Tabla 35: Requerimientos Mínimos para Capa Subbase.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 2	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	28%	Cumple
Interperismo Acelerado	Máx. 12 %	7%	Cumple
Limite liquido	Máx. 25%	38%	No Cumple
Limite plástico	Máx. 10%	14%	No Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180)	Min. 40% para Sub-Base	24%	No Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

De acuerdo la **Tabla 35** el Banco de préstamo Bayardo Hurtado no se puede utilizar como fuente de material para la capa Subbase, debido a que el parámetro del ensayo CBR al 95% próctor modificado del banco es menor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000, tampoco cumple con el ensayo de limite líquido y limite plástico.

Tabla 36: Requisitos de Graduación de Agregados (Banco N°2).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 2	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	49	Cumple
0.075	0-15	14	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

El **Banco de préstamo Concepción Garcia#3** posee un CBR de **46%**, al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2000, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como subbase.

Tabla 37: Requerimientos Mínimos para Capa Subbase.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 3	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	30%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Máx. 12 %	7.1%	Cumple
Limite liquido	Máx. 25%	23%	Cumple
Limite Plástico	Máx. 10%	9%	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180)	Min. 40% para Sub-Base	46%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

El Banco de Concepción García evaluado según el ensayo de graduación, ensayo de desgaste de los ángeles Intemperismo acelerado y el CBR de 40% mínimo al 95% próctor modificado cumple con las especificaciones generales de la Nic-2000.

Este banco también cumple con los ensayos de limite líquido y limite plástico cumple con las especificaciones de la Nic-2000 Sección: 1003.09 (a y b), para ser utilizado como capa subbase granular.

Tabla 38: Requisitos de Graduación de Agregados (Banco N°3).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 3	Valoración
75	100	88	Cumple
4.75	30-70	37	Cumple
0.075	0-15	15	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.6. Elección de los de Bancos Préstamos a Utilizar para Base y Subbase.

Como fuente de material para capa **base cumple el banco de préstamo Domingo Palacios** ya que el CBR al 95% próctor modificado cumple con el mínimo permitido según las especificaciones de la Nic-2000 Sección: 1003.09 (a y b). este banco también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado, graduación, límite líquido y límite plástico.

Cabe destacar que el banco de préstamos Domingo Palacios posee el CBR al 95% próctor modificado más alto de los tres bancos identificados (83.4%), este banco según los ensayos realizados aplica para utilizarse como material para la capa base y subbase. El banco de préstamo Domingo Palacios se encuentra localizado a 342 metros de la estación final 0+994, Barrio Guadalupe.

Como fuente de material para la capa **Sub-base se puede utilizar el Banco de préstamo Concepción García #3**, debido a que su resistencia (CBR) y los demás ensayos, se ajusta a las normas mínimas establecidas según las Nic-2000 para ser utilizado como capa sub-base. Sin embargo, no se utilizará en el diseño para la capa subbase ya que este banco se encuentra localizado a 9.4 kilómetros de la estación final 0+994, en loma La Pita.

Por lo tanto, se decidió utilizar el banco de préstamo Domingo Palacios para el diseño de la capa base granular y la subbase, este banco posee excelentes características físico-mecánicas y se encuentra cerca al tramo de estudio, esto tendrá un ahorro importante en relación a los costos de construcción de dicha vía.

Ver Tabla a continuación

Tabla 39: Banco de material a utilizar para Base/ Subbase.

Banco de Diseño	Capa	Clasificación AASHTO	Condición	Resistencia 95% Próctor Modificado
Domingo Palacios	Para Base	A-1-a (0)	compactado al 95% Próctor Modificado	CBR 83.4%
Domingo Palacios	Para Sub-base	A-1-a (0)	compactado al 95% Próctor Modificado	CBR 83.4%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

3.7. Determinación del CBR de Diseño.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASTHO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

La Metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:

- 1) Identificar los Valores utilizar en el diseño del CBR, los cuales son todos los valores que se encuentran debajo de la línea de la Sub-rasante.
- 2) Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- 3) Se dibuja un gráfico que represente los valores de CBR contra los porcentajes calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR con el percentil que corresponda, dependiendo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

3.7.1. Identificación de la Sub-rasante.

La sub-rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

La capa de rodamiento existente a lo largo del tramo es variable, pero en promedio tiene un espesor de 30 centímetros, es por eso que para el cálculo del CBR de la subrasante en este diseño se tomaron los valores de CBR inmediatos por debajo de la subrasante propuesta en el perfil estratigráfico, conociendo que en este caso la altura del terreno existente está por encima de la subrasante por lo cual solo habrá corte, a continuación, se presenta el consolidado de los valores CBR tomados correspondiente a cada una de las muestras seleccionadas.

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño y el tipo de suelo al que corresponde el material existente en la sub-rasante:

Tabla 40: Selección de CBR de diseño para la sub-rasante.

CLASIFICACION AASHTO	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-7-5	4	1	16	16/16x100=100%
A-2-6	5.4	1	15	15/16x100=93.8%
	9	2	13	13/16x100=81.3%
A-2-4	9.8	1	12	12/16x100=75.0%
	12	4	8	8/16x100=50.0%
	14	1	7	7/16x100=43.8%
A-2-7	17	2	5	5/16x100=31.3%
A-2-6	18	1	4	4/16x100=25.0%
A-1-a	45	1	3	3/16x100=18.8%
	48	1	2	2/16x100=12.5%
	58	1	1	1/16x100=6.3%
De 11 sondeos se tomaron 16 muestras de 25 valores CBR al 95% Próctor Modificado para el calculo CBR de la subrasante.				

Elaborado por Sustentantes.

El valor de CBR de la sub-rasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resiliencia (MR) a ser utilizado en el diseño. Para ello se utilizaron los valores CBR de menor a mayor y porcentajes de los valores iguales o mayores.

Tabla 41: Valores CBR de Menor a Mayor y Valores Iguales o Mayores.

CBR al 95%	4	5.4	9	9.8	12	14	17	18	45	48	58
%	100%	93.8%	81.3%	75%	50%	43.8%	31.3%	25.0%	18.8%	12.5%	6.3%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de **60%, 75% o el 87.5%**, tomando en cuenta que el ESAL's previsto por el carril de diseño será de **730,342.00** por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de **75%**, tal y como se indica a continuación.

Tabla 42: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (ESAL´s)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL´s	60%
Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL´s	75%
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5%

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Teniendo los valores CBR de menor a mayor, los porcentajes de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil a tomar, se procede a graficar el CBR de Diseño de la Subrasante, iniciando con una línea horizontal se intercepta la curva de la Subrasante luego con una línea vertical en 90 grados se intercepta el valor calculado en este caso el CBR resultate es de **9.8%**. (Ver Gráfico 9 Pág.54)

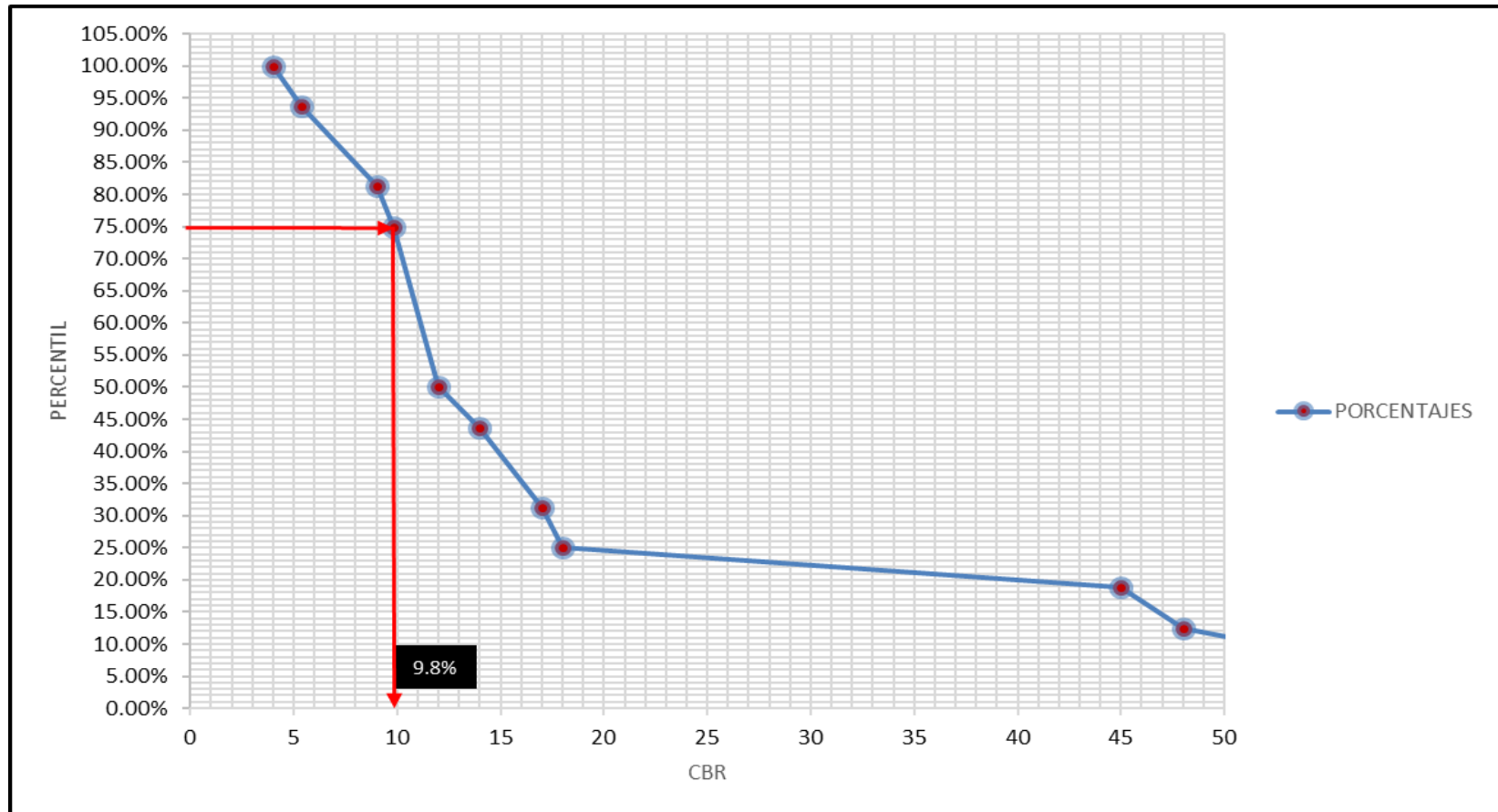
El cual de acuerdo con la clasificación de CBR la subrasante existente se clasifica como regular, ya que anda en el rango de (5-10) como se muestra en la **Tabla 43:**

Tabla 43:Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante mala
5-10	Subrasante regular
10-20	Subrasante buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

Gráfico 9: Selección del CBR de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO IV

Diseño de Pavimento



4.1. Metodología de Diseño AASHTO 93.

El método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles de acuerdo con la siguiente formula.

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{(\Delta PSI)}{4.2-1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

(Ec. 10)

Dónde:

Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el período de diseño (**n**).

ZR: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

So: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida deservicio.

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la plenitud (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (**po**) y su plenitud al final del periodo de diseño (Serviciabilidad *Final* (**pt**)).

MR: Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y subbases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

4.2. Variables de Diseño a considerarse en el Método AASHTO 93.

4.2.1. Variables en Función del Tiempo.

4.2.1.1. La vida útil del Pavimento.

Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El periodo de diseño no debe ser confundido con la vida útil del pavimento, ni con el periodo de análisis; este último puede comprender varios periodos de diseño, como en el caso de la pavimentación por etapas.

Por otra parte, la vida útil de un pavimento puede extenderse indefinidamente con la colocación de carpetas de refuerzo y otras medidas de rehabilitación, o durar mucho menos que lo estimado en el periodo de diseño, debido a fallas prematuras, o sub-diseños del pavimento.

4.2.2. Variables en Función del Tránsito.

4.2.2.1. Factores Equivalente de Carga (FE_i).

Una carga estándar para diseño de pavimentos flexibles de carreteras y calles es el eje de 8.2 Ton. (18,000 LBS).

El efecto de cargas diferentes a esta se tiene en cuenta para el diseño aplicado los llamados Factores de Equivalencia de Carga por Ejes, los cuales se obtienen en base a los resultados de AASHTO Road Test.

Existen para el pavimento flexible diferentes factores equivalentes (FE_i) para distintos tipos de cargas por eje, y distintos índices de serviciabilidad, para este caso un índice de serviciabilidad final de $P_t = 2.0$.

4.2.2.2. Peso por Ejes Simples Equivalentes.

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño $F=1$.

En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es **730,342.00 (Ver Capítulo II, Tabla 26, pág.36)**

4.2.2.3. Confiabilidad (R).

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y comportamiento de un pavimento, a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para el tipo de vía, como colectoras suburbanas la cual se muestra a continuación.

Tabla 44: Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectora suburbana	50-80	50-80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004.

Una vez seleccionado el valor de confiabilidad (**R = de 80%**), se busca el valor de desviación normal estándar (ZR) en dependencia de la Confiabilidad, el valor escogido se muestra a continuación en la siguiente Tabla:

Tabla 45: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.2.4. Desviación Estándar (So).

La desviación estándar del sistema toma en cuenta las variaciones en las ecuaciones, las mediciones y los materiales. Se selecciona un nivel de confiabilidad para determinar con que confianza se espera que el pavimento dure el periodo de tiempo para el que fue diseñado. La AASHTO 93 recomienda para construcciones nuevas de pavimentos flexibles una desviación estándar (So), de **0.45**.

Tabla 46: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.2.2.5. Serviciabilidad.

Se define como la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos. El índice de serviciabilidad varía de 5 (Excelente) a 0 (Pésimo).

El método AASHTO 93 predice el porcentaje de pérdidas de serviciabilidad (Δ PSI), para varios niveles de tránsito y cargas de ejes, entre mayor sea la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar. Los valores recomendados por la AASHTO y por experiencia son:

- **Serviciabilidad Inicial:**

Po = 4.5 para pavimentos rígidos. **Po** = 4.2 para pavimentos flexibles.

- **Serviciabilidad Final:**

Pt = 2.5 ó más para caminos principales. **Pt** = 2.0 para caminos de tránsito menor.

Para el presente diseño se utilizó:

- **Serviciabilidad Inicial** **Po** = 4.2 y **Pt** = 2.0

- **Perdida de serviciabilidad** Δ PSI = 4.2 – 2 Δ PSI = 2.2

4.4. Características de los Materiales que Conforman el Pavimento.

4.3.1. Módulo de Resiliencia (MR).

El CBR de diseño de este tramo es de **9.8%**. Este se obtuvo con un percentil de 75%. **(Ver del Capítulo III, Gráfico 9, pág.54)**

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub-rasante.

Tabla 47: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para sub-rasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	Mr= 1500 * CBR Ec. 11
CBR > 10%	Mr= 4326* Ln(CBR) + 241 Ec. 12

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Se utiliza la primera ecuación sabiendo que nuestro CBR de la Subrasante calculado fue de **9.8%**

Tabla 48: Calculo de Modulo Resiliente de la Subrasante

Aplicando Ecuación. 11		
Mr= 1500* CBR	Mr = 1500* 9.8%	Mr = 14,700 psi

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

4.3.2. Coeficiente de Drenaje (mi).

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento. La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de diseño ver a continuación

Tabla 49: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00**.

Tabla 50: Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.3.3. Coeficientes Estructurales de Capa (a_i).

Los Coeficientes Estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de las figuras de la guía AASTHO se determina el coeficiente estructural de cada capa del pavimento, según el método de diseño.

Se presentan tres categorías de estos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada:

a_1 : Para la carpeta de rodamiento (Adoquín).

a_2 : Para la base granular (Banco de préstamo Domingo Palacios)

a_3 : Para la sub- base. (Banco de préstamo Domingo Palacios)

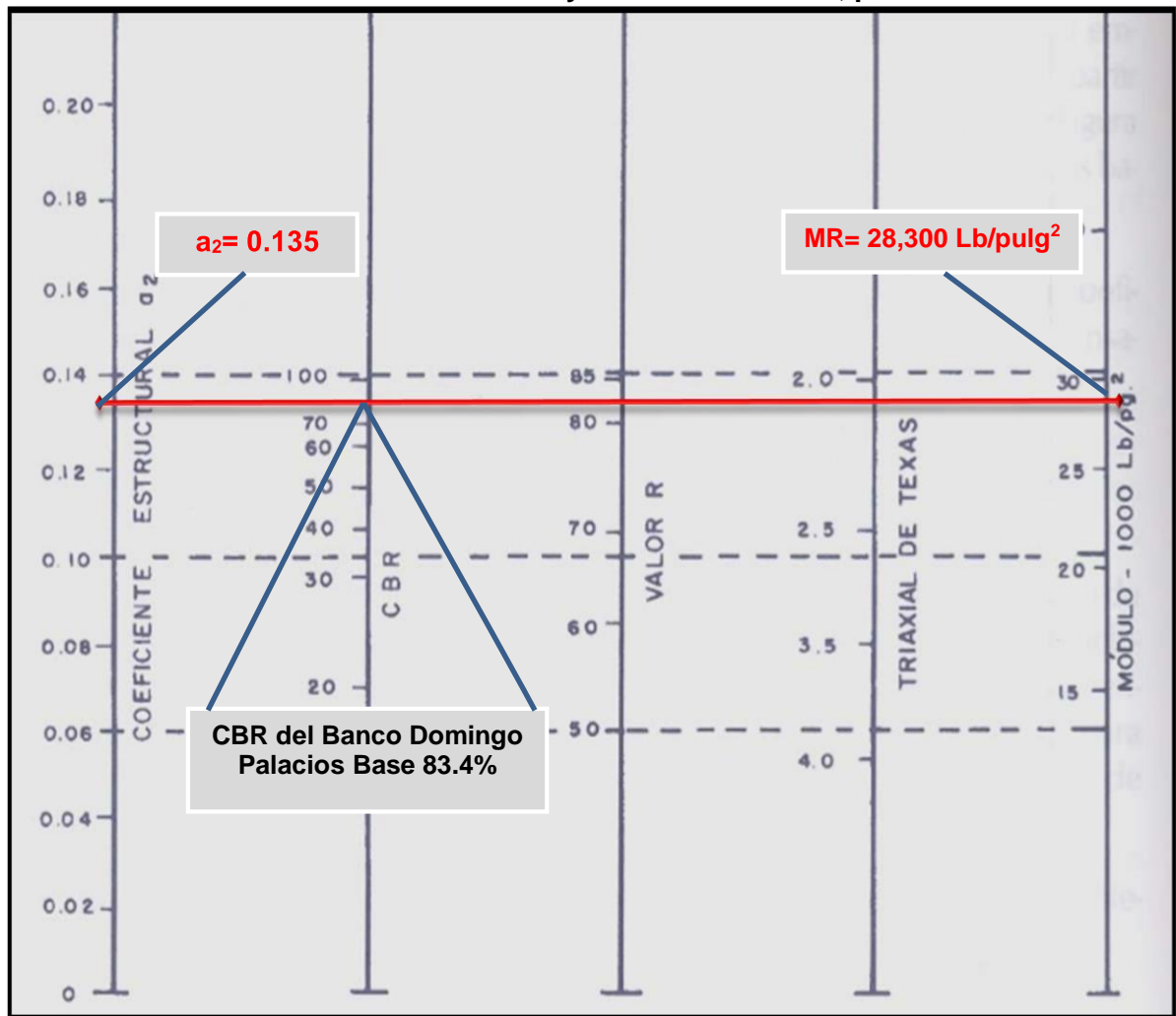
4.3.3.1. Carpeta de rodamiento: (a_1)

Se considera el coeficiente de **$a_1 = 0.45$** cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

4.3.3.2. Base Granular No Tratada (a_2).

El valor del coeficiente estructural de capa base no tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93 figura 8 (**Ver Gráfico 10**). Tomando como parámetro de entrada el valor CBR al 95% próctor modificado del **Banco de préstamo No.1 (Domingo Palacios)**, con un valor de **83.4%** en base a este valor se estima el valor (a_2), se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda el valor de **$a_2 = 0.135$** y un **MR=28,300 psi**. Ver gráfico a continuación

Gráfico- 10: Coeficiente estructural a_2 y Módulo Resiliente, para Base no tratada.

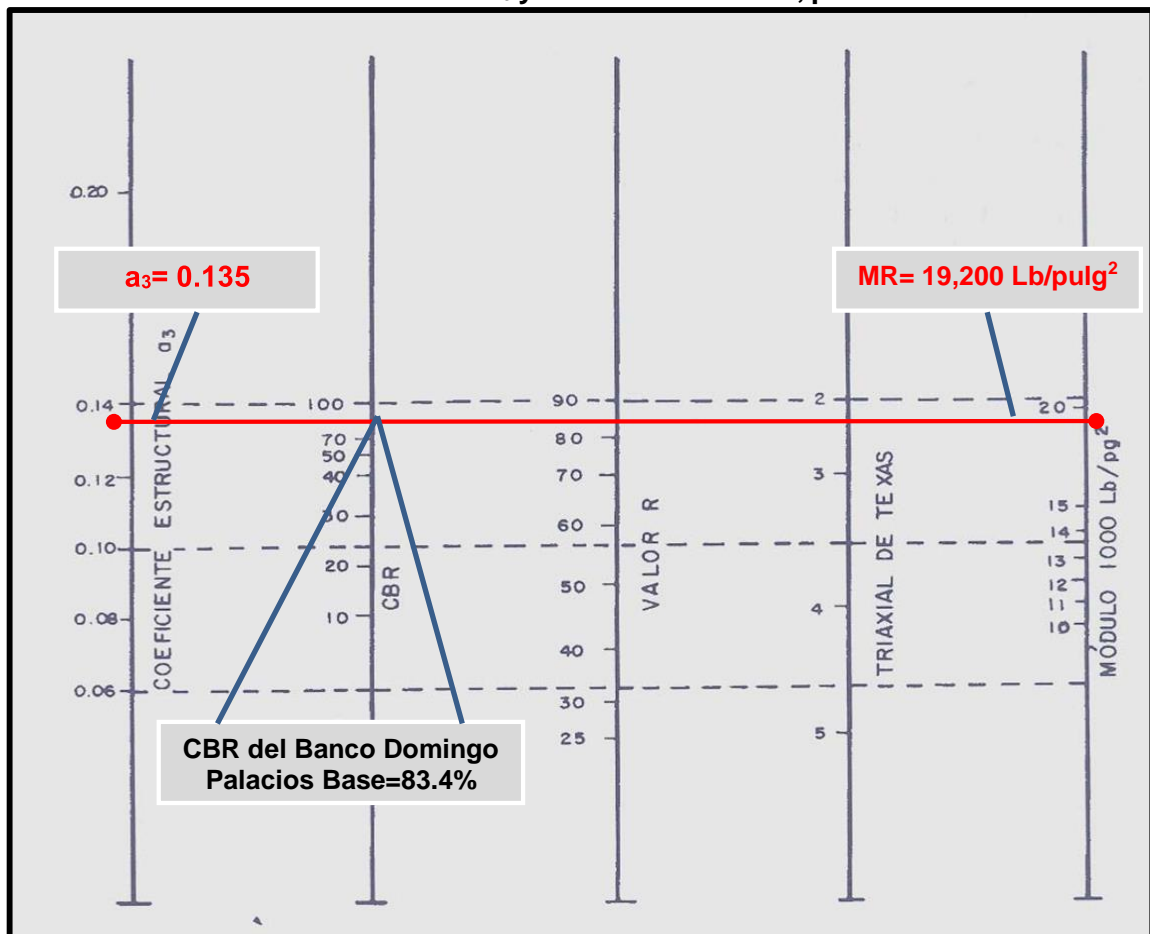


Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

4.3.3.3. Subbase (a_3).

El valor del coeficiente estructural de capa de subbase granular no tratada con cemento (a_3) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO-93 figura 9 (**Ver Gráfico-11**). Tomando como parámetro de entrada el valor del CBR al 95% próctor modificado de la subbase del **Banco No.1 (Domingo Palacios)**, de **83.4%**, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha e izquierda con el valor de $a_3 = 0.135$ y un $MR=19,200$.

Gráfico-11: Coeficiente estructural a_3 y Módulo Resiliente, para Sub-Base no tratada



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

El módulo de resiliencia en este caso disminuye en comparación con la base ya que el esfuerzo producido por el número de aplicaciones también será menor a esta profundidad, también dependerá de otros factores como condiciones de compactación, contenido de agua o saturación y peso volumétrico.

4.3.4. Números Estructurales (SN).

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN2 = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad \text{Ec- 13.}$$

Dónde:

D₁, 2, 3= espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente en (pulgadas).

a_i= coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo.

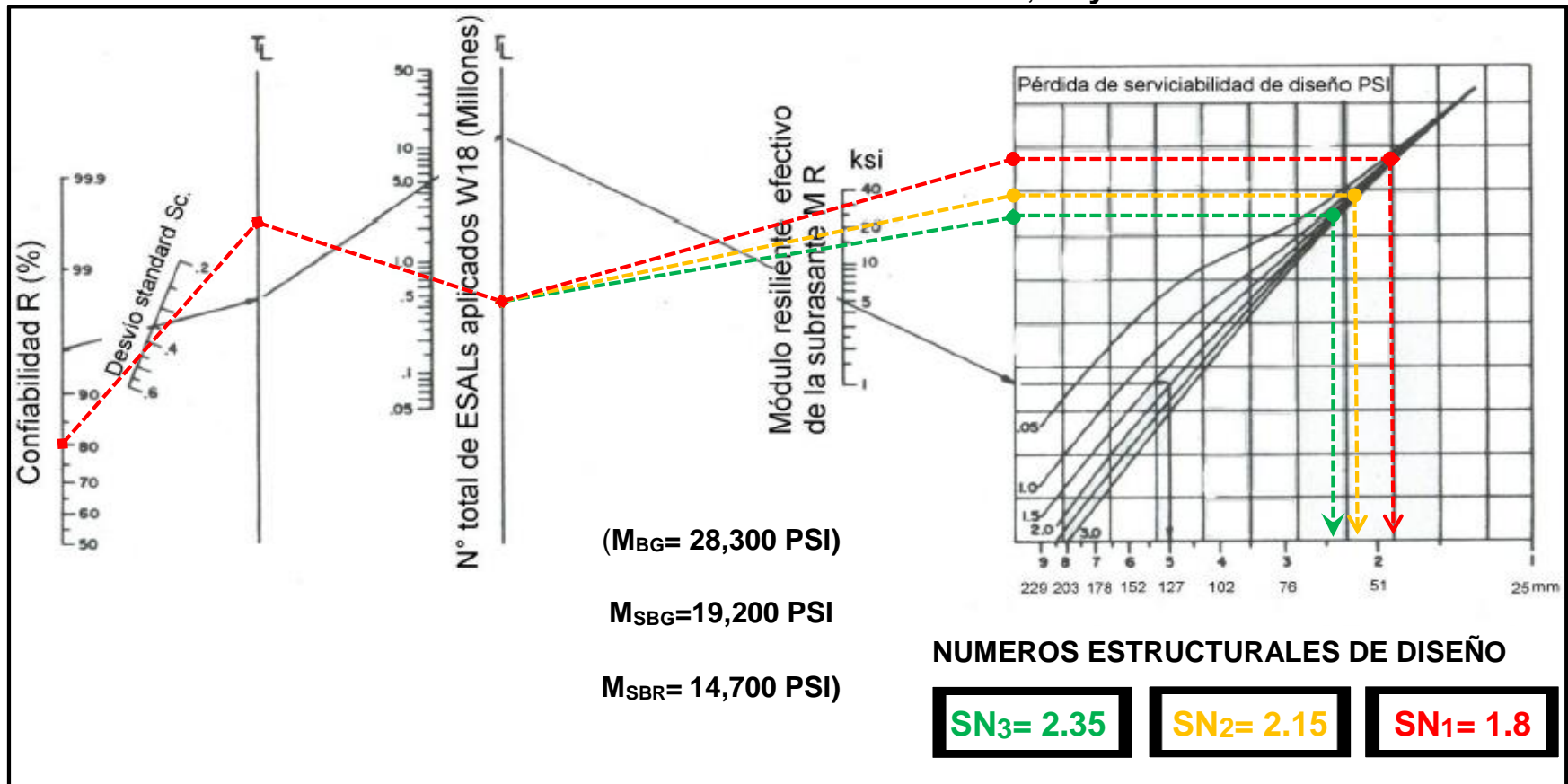
m_i= coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

4.3.5. Cálculo de los Números Estructurales (SN1, SN2, SN3).

El valor del Numero estructural de capa de granular se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO (**Ver Gráfico No. 12, pág. 65**). Tomando como parámetro de entrada los valores anteriormente escogidos como lo son la Confiabilidad (**R=80%**), Desviación Entandar (**So=0.45**), el ESAL de Diseño de **730,342.00**, Módulos de Resiliencia de Cada Capa (**M_{BG}=28,300PSI, M_{SBG}=19,200 PSI, M_{SR}=14,700 PSI,**) y la Perdida de Serviciabilidad (**ΔPSI=2.2**).

Para el cálculo de SN_2 y SN_3 ($SN_{requerido}$), se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN_2 de 1.8, SN_2 de 2.15 y un SN_3 de 2.35.

Gráfico 12: Obtención del Numero estructural SN_1, SN_2 y SN_3 .



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

4.3.5.1. Número Estructural (SN_1).

El Número Estructural (SN_1) para la carpeta de rodamiento, debido que utilizará adoquín el espesor será de $D_1 = 4$ pulgadas y Coeficiente de capa (a_1) para adoquín ya está dado, es de 0.45.

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{SOLUCION:} \quad SN_1^* = a_1 * D_1 \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$SN_1^* = (0.45) * (4.00)$$

$$SN_1^* = 1.8$$

Dónde:

a_1 = coeficiente estructural del adoquín.

D_1 = espesor del Adoquín (pulgadas).

4.4. Cálculo de los espesores del Pavimento.

Teniendo en cuenta que ya se conoce el valor de SN_1 y SN_2 , entonces el valor del espesor de la base se obtiene de la siguiente manera:

Determinar el espesor para la base (D_2):

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad (\text{Ec. 15})$$

$$D_2 = (2.15 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 2.59" \text{ pulgadas} \quad \text{"No cumple con espesor mínimo"}$$

Comprobación el espesor de la base.

$$D_2 = (SN_3 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad (\text{Ec. 16})$$

$$D_2 = (2.35 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 4.07" \text{ requiere } \cong \text{Optar 6 pulgadas}$$

Las **4.07"** pulgadas será el espesor que se requiere para que **D₂** (Base), resista los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de rodamiento, comprobando este espesor de acuerdo con la **Tabla 51**, "No cumple con el espesor mínimo" sabiendo que el Esal de diseño es **730,342.00** por lo tanto se utilizará el mínimo requerido que es **6"** y se corregirá el numero estructural **SN₂**.

Tabla 51: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 – 500,000	2.6	4
Aplica 500,000 - 2,000,000	3	Utilizar 6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175.

Se corrige el número estructural **SN₂**:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad (\text{Ec-17})$$

$$SN_2 = (0.135) * (6) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.810$$

Determinar el espesor para la Sub-base (D₃):

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1) / (a_3 * m_3) \quad (\text{Ec. 18})$$

$$D_3 = 2.35 - (0.810 + 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_3 = -1.93" \text{ pulgadas}$$

Los criterios de la AASHTO 93, indican que si el resultado del espesor para la sub-base posee un valor negativo o es cero, este no necesita dicha capa.

Comprobación:

Se sumarán los valores del número estructural **SN₁** y el numero estructural **SN₂**, el resultado de esta suma tiene que ser mayor o igual al **SN_{requerido}**.

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_{requerido} \quad (\text{Ec. 19})$$

$$1.8 + 0.810 \geq 2.35$$

$$2.61 \geq 2.35 \quad \text{"O. K Cumple"}$$

4.4.1. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento será de **4"** adoquín, **2"** pulgadas de arena, la base granular será de **6.00 pulgadas**, y sub-base granular no necesita. Tal y como se muestra en la **Tabla 52** y en la **Imagen 4** la estructura total es de **11.2"** pulgadas.

Tabla 52: Espesores de Diseño.

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4"	10 cm
Cama de Arena	2"	5 cm
Base granular	6"	15 cm
Sub-base granular	No necesita	-
Espesor Total Requerido	12"	30 cm

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Imagen- 4: Estructura de Final de Pavimento articulado.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

4.5. Uso del programa WinPAS-12.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa WinPAS. El cual resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

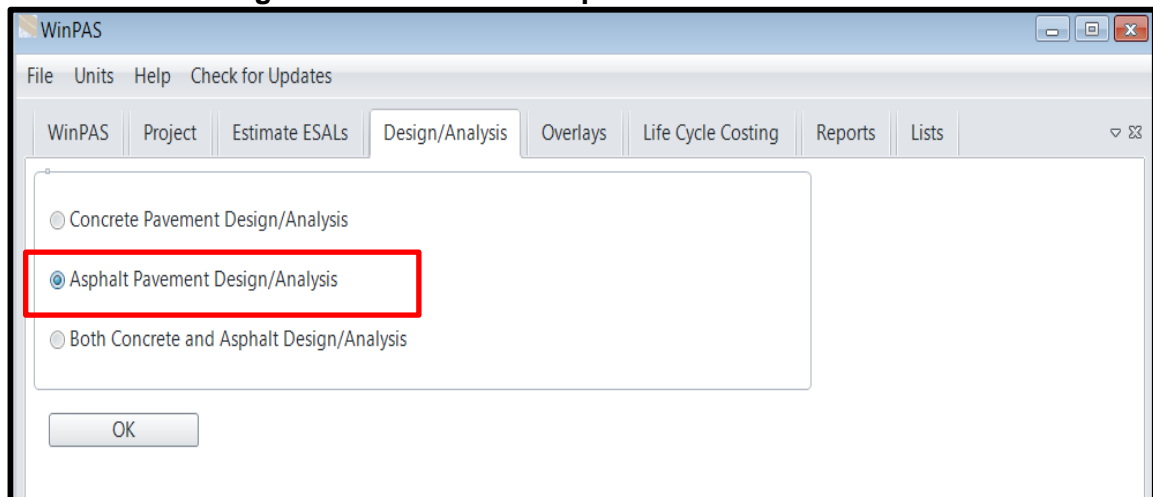
Imagen- 5: Software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/análisis, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/análisis de pavimento asfáltico.

Imagen- 6: Selección del Tipo de Pavimento a Diseñar.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

Tabla 53: Datos para calcular espesores en el Software WinPAS-12.

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores
ESAL de diseño	730,342.00
Confiabilidad	80%
Valor desviador (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de Subrasante	14,700
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
ΔPSI	2.2
Coeficiente de drenaje (mi)	1.00
Coeficiente de capa, Adoquin(a_1)	0.45
Coeficiente de capa, Base granular(a_2)	0.135
Coeficiente de capa, Sub-base granular(a_3)	0.135

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de datos, dando click en la pestaña resolver (*Solve for*).

Imagen- 7: Introducción de Datos en WinPAS.

The screenshot shows the 'Flexible Design Inputs' window in WinPAS. It contains several input fields for design parameters. A red rectangular box highlights the following fields and their values: Design ESAL (730,342), Reliability (80.00), Overall Deviation (0.45), and Soil Resilient Mod. (14,700.0 psi). Below these fields, there is a 'Solve For' button, which is pointed to by a pink arrow. A red warning box at the bottom left of the window displays the text: 'WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate'. Other visible fields include 'Structural Number' (empty), 'Initial Serviceability, Po' (4.20), and 'Terminal Serviceability, Pt' (2.00). Buttons for 'Cross Section', 'OK', and 'Layer Determ.' are also present.

Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver* (*Solve for*). Según el software WinPAS se requiere un **SN=2.32**.

Imagen- 8: Calculo de SN requerido en WinPAS.

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.32
Design ESAL	730,342
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	14,700.0
Initial Serviceability, Po	4.20
Terminal Serviceability, Pt	2.00

psi

Layer Determ.

Solve For

Structural Number
2.32

Solve For

Cross Section

OK

Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Layer Determ.

Imagen- 9: SN requerido.

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.32
Design ESAL	730,342
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	14,700.0
Initial Serviceability, Po	4.20
Terminal Serviceability, Pt	2.00

psi

Layer Determ.

Solve For

Structural Number
2.32

Solve For

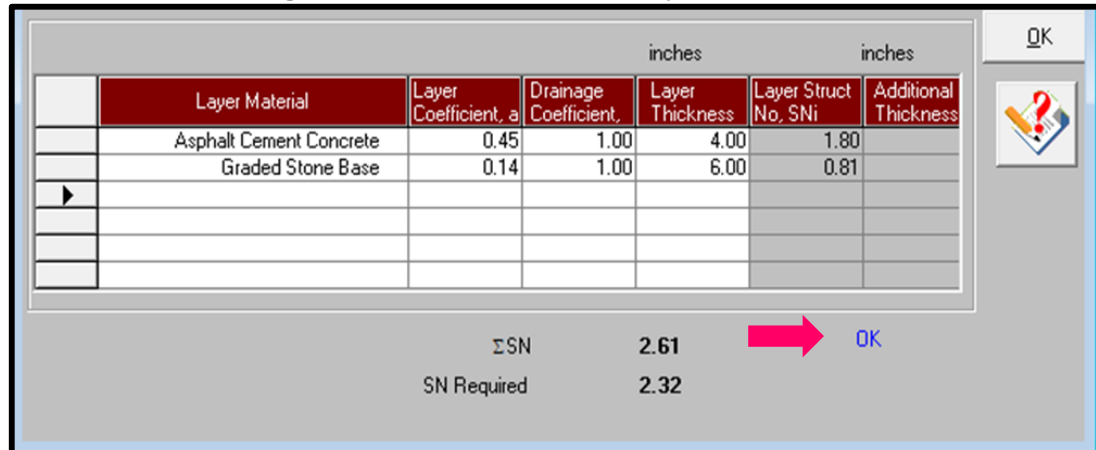
Cross Section

OK

Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 , a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 , m_2), y por último los espesores (D_1 , D_2). Se puede observar que, al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que $\Sigma SN=2.61$, es mayor que el SN requerido=2.32.

Imagen- 10: Introducción de Layers de Diseño.



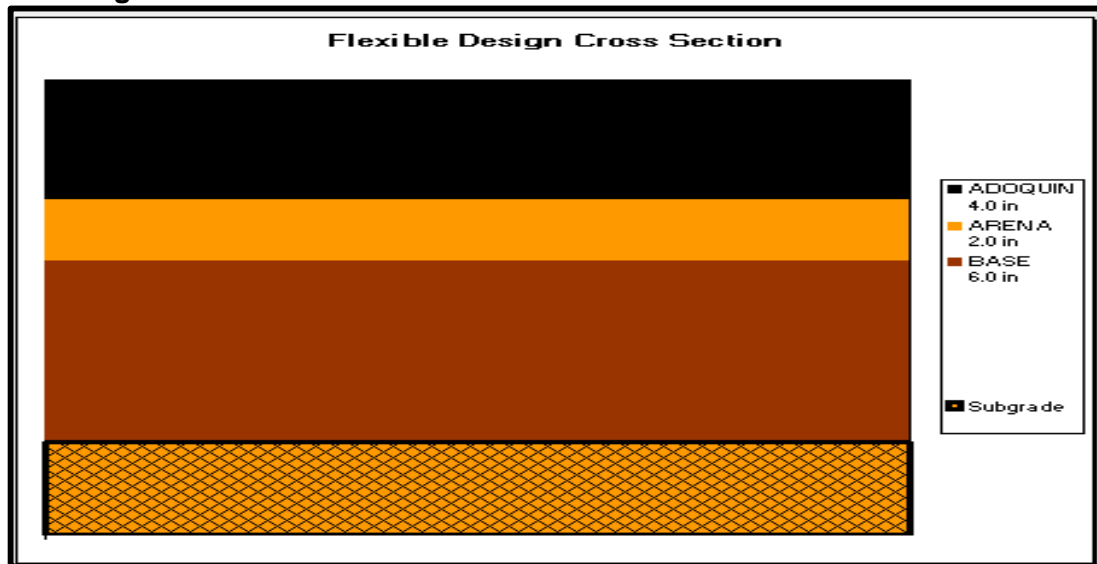
	Layer Material	Layer Coefficient, a_i	Drainage Coefficient,	Layer Thickness	Layer Struct No, SN_i	Additional Thickness
	Asphalt Cement Concrete	0.45	1.00	4.00	1.80	
	Graded Stone Base	0.14	1.00	6.00	0.81	

OK

ΣSN 2.61 ➔ OK
 SN Required 2.32

Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

Imagen- 11: Estructura de Pavimento Articulado Por Software WinPAS.



Fuente: WinPAS 12 (Pavement Analysis Software).

El total de la estructura de pavimento Articulado corresponde a 30 cm, dividido de la siguiente manera: 10 centímetros de capa de rodamiento Adoquín, 5 centímetros de capa de arena, 15 centímetros de base granular no estabilizada, correspondiente al banco de préstamo n°1 Domingo Palacios.



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO V

Costo y Presupuesto



5.1. Descripción General del Proyecto.

El Proyecto de calles se ubica en el sector Este del Casco Urbano del Municipio de Condega, está formado por un tramo de 994 metros lineales, iniciando en el Barrio Evaristo Cruz (estación 0+000) y terminando en el Barrio El Esfuerzo #1 (estación 00+994 Carretera hacia Yalí, N-3). De acuerdo con los alcances del tramo a rehabilitar con pavimento articulado y obras de drenaje pluvial longitudinal (cunetas urbanas y vados), un total de 6,361.60 m².

Para lograr el objetivo de este capítulo, se ha contemplado la ejecución de actividades propias de la rehabilitación de caminos urbanos en dos componentes principales bien diferenciados entre ellos; pero que de eso depende que se alcance la vida útil para la cual se está diseñando este proyecto; estas son: Carpeta de Rodamiento (Nivelación y Conformación, Corte y Relleno, colocación de adoquines y construcción de cuneas con bordillo). A continuación, en la **Tabla-54** se presenta la Información del proyecto:

Tabla 54: Información General del Proyecto.

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
PROYECTO:	Adoquinado y encunetado 6,361.60 m ² de calles.
UBICACIÓN:	Casco urbano del Municipio de Condega.
TRAMO:	Est. 00+000 (barrio Evaristo Cruz) – Est. 00+994 (barrio Esfuerzo #2).
CALLE:	1er Avenida Noreste.
LONGITUD:	994 metros Lineales.
CONTRATANTE:	Alcaldía Municipal de Condega.
TASA DE CAMBIO (C\$/US\$)	32.5038.
Nota: Tasa de cambio según proyecciones del Banco Central de Nicaragua para el 09-febrero-2019 (Ver Anexos Capítulo V, Tabla-100 Pág. XXIX).	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.2. Presupuesto del Proyecto.

En el presente capítulo se presenta cada una de las etapas para el adoquinado de las calles presentado a detalle los costos que conlleva que a continuación se detalló de forma general.

Para obtener dicho presupuesto se tomaron en consideración los Costos Directos (Materiales, mano de obras, herramientas y equipos), y los Costos Indirectos (Gastos Administrativos, impuestos y utilidades). Para definir los costos unitarios se utilizó el catálogo de etapas para proyectos de rodamiento y por el FISE.

5.2.1. Costos Directos.

Los Costos Directos son todas aquellas erogaciones o gastos que se tiene que efectuar para construir la obra, tienen la particularidad de que casi siempre éstos se refieren a materiales, mano de obra, maquinaria y equipos que quedan físicamente incorporados a la obra terminada.

- **Materiales:** Se consultó la guía de costos y el catálogo de precios proporcionados por la alcaldía municipal.
- **Mano de Obras:** Se determinó como un porcentaje de costo Unitarios de la actividad (material + equipos).
- **Maquinarias y Equipos:** Se obtuvo a partir de la guía de costos del FISE mencionada anteriormente, de acuerdo con la unidad de medida reflejada.

5.2.2. Costos indirectos.

Los Costos Indirectos son todas aquellas erogaciones que generalmente se hacen para llevar a cabo la administración de la obra tales gastos incluyen salarios, prestaciones sociales, seguros, gastos administrativos, legales, fianzas, depreciación de vehículos, imprevistos, entre otros. En nuestro caso se aplicaron factores del total de costos directos de la obra. A continuación, en la **tabla-55** se detallan los porcentajes costos indirectos:

Tabla 55: Costos Directos e Indirectos del Proyecto.

COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS
Materiales (costos actualizados febrero-2019)	Utilidades (12%)
Mano de Obra (% de Costos unitarios)	Impuesto sobre la Renta (IR, 2.00%)
Equipos (guía de costos horario del FISE)	Impuesto Valor Agregado (IVA, 15.00%)
	Impuesto Municipal (1.00%)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3. Determinación de los Costos Directos por Etapas.

Tomando en consideración que para la construcción de las obras se utilizará mano de obra calificada además de capacitar al personal para la supervisión y mantenimiento de las obras, proveniente de la población de cada uno del tramo. Para lograr la estrategia de ejecución del Proyecto, se debe de contar con el personal que a continuación se detalla:

Tabla 56: Mano de Obra del Proyecto.

PERSONAL	CANTIDAD
Ingeniero Residente	1
Fiscal o Maestro de obras	1
Albañiles	10
Ayudantes	20
Operadores de Tractor	2
Operadores de Camiones Volquetes	4
Operador de Motoniveladora	1
Operador de Retroexcavadora	1
Operador del Cargador Frontal	1
Operador de Vibro compactador	1
Operador de Cisterna	1
Mecánicos de equipo pesado	2
Bodeguero	1

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo de los costos unitarios es necesario tener en cuenta el listado de materiales que se deben de utilizar en cada una de las etapas del proyecto, a continuación, se detallan en la **tabla-57**:

Tabla 57: Materiales Considerados para el Proyecto.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO (C\$)	COSTO TRANSPORTE (C\$)	COSTO MATERIAL (C\$)
Material Selecto	m³	35.00		35.00
Cemento	saco	270.00	23.45	293.45
Adoquín Tipo Tráfico	C/U	15.00	8.65	23.65
Piedra Triturada de ½"	m³	507.00	307.01	814.01
Arena	M³	301.08	242.98	544.06
Piedra Triturada de ¾"	m³	561.60	307.01	868.61
Piedra Bolón	m³	30.00		30.00
Tubo de Concreto Reforzado de 30" Clase II	C/U	2,090.40	263.89	2,354.29
Postes Delineadores	C/U	3,276.00		3,276.00
Señales Restrictivas de 61 cms x 61 cms	C/U	2,211.77		2,211.77
Señales Preventiva de 42 cms x 72 cms	C/U	2,705.66		2,705.66
Señales Informativa de 180 cms x 80 cms	C/U	6,045.31		6,045.31
Señales Informativa de 120 cms x 240 cms	C/U	9,354.70		9,354.70
Señales Informativa de 61 cms x 91 cms	C/U	2,788.03		2,788.03
Marcas de Pavimento Tipo C	M	42.12		42.12
Marcas de Pavimento Tipo C	M²	190.94		190.94
Postes Guías (Fantasma)	C/U	1,137.24		1,137.24
Agua	M³	6.59		6.59
Herramientas	Glb	125.00		125.00
Madera de Pino	Pulg²vr	2.85		2.85
Clavos Corrientes	lbs	11.20	0.22	11.42
Acero de Refuerzo	Kgs	5.12	0.48	5.60
Alambre de Amarre	lbs	3.56	0.22	3.78
Pelín de 2" x 4"x 1/16" x 20'	c/u	326.25	8.70	334.95
Zinc corrugado de 12' cal 26	Lam	312.25	4.70	316.95
Pernos punta de broca de 1 1/2"	c/u	3.21	0.02	3.23
Pernos punta de broca de 1"	c/u	4.50	0.02	4.52
Zinc liso de 3' x 8'	Lam	245.00	4.70	249.70
Soldadura	lbs	16.50	0.22	16.72
Acero estructural	Kgs	22.56	0.48	23.04
Pintura anticorrosiva	gal	280		280
Pintura reflectiva	gal	364		364

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La maquinaria pesada de la construcción y equipos considerados en la ejecución del movimiento de tierra y/o remoción de estructuras a continuación se detalla en la **tabla-58**:

Tabla 58: Maquinaria y Equipo para la Ejecución del Proyecto.

	TIPO Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO	CANTIDAD
1	Tractores D6	1
2	Camiones Volquetes de 8 m ³	3
3	Moto niveladora 120h o 140h	1
4	Cargador Frontal de 2.5 m ³	1
5	Vibro compactadora de 12 Toneladas	1
6	Cisterna de agua de 2000 galones	1
7	Mezcladoras de 1 saco	2
8	Compactadora Manual	1
9	Bomba de succión de 2"	1
10	Retroexcavadora	1

Fuente: Elaboración propia.

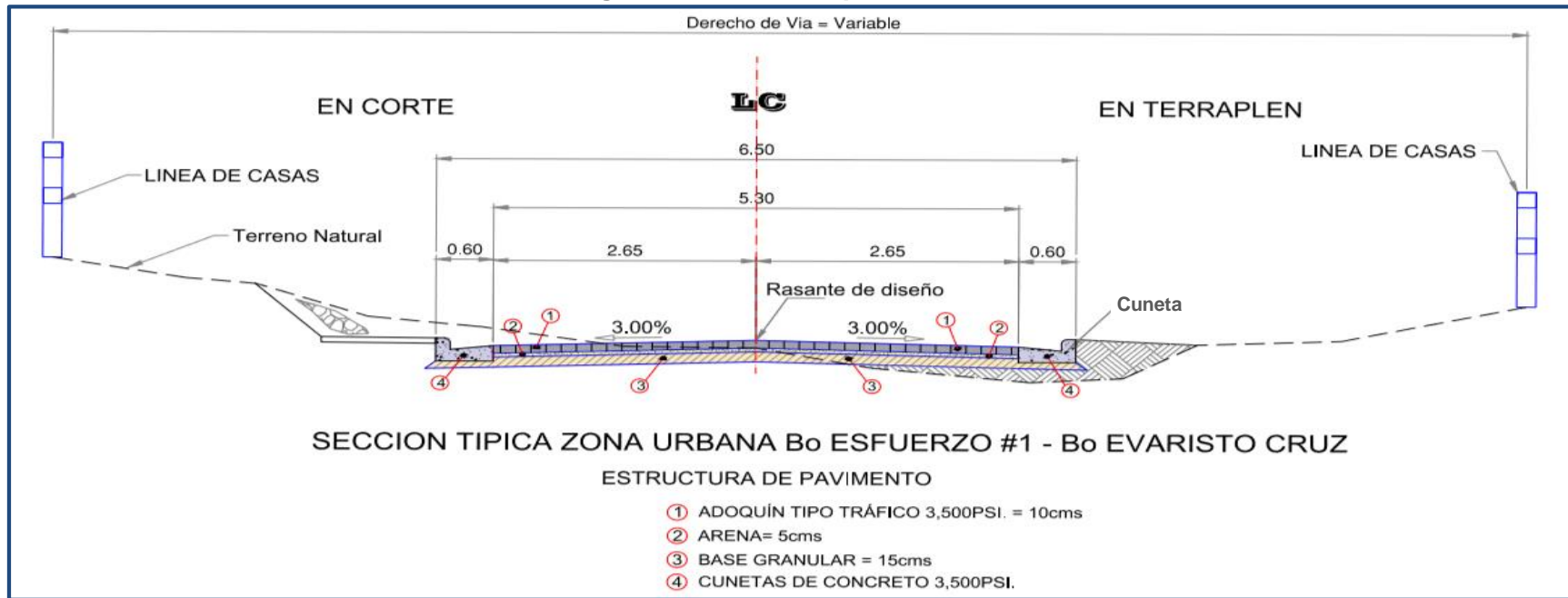
5.3.1. Sección Típica Propuesta.

El diseño está contemplando el uso de Adoquín como el material de la superficie de rodamiento, de acuerdo con sus especificaciones este cuenta con un espesor estándar de 4.00 pulgadas equivalente a **10 centímetros**.

Basándonos en la topografía existente se proponen 2 carriles de **2.65 metros**, para un total de **5.30 metros** de ancho de rodamiento, complementado con cunetas típicas de zona urbana de **0.60 metros**. Los datos de los niveles de terreno natural y terreno de rasante se presentan en las **Tablas 101-103 que se muestran en los Anexos del Cap. V, pág. XXX-XXXII.**

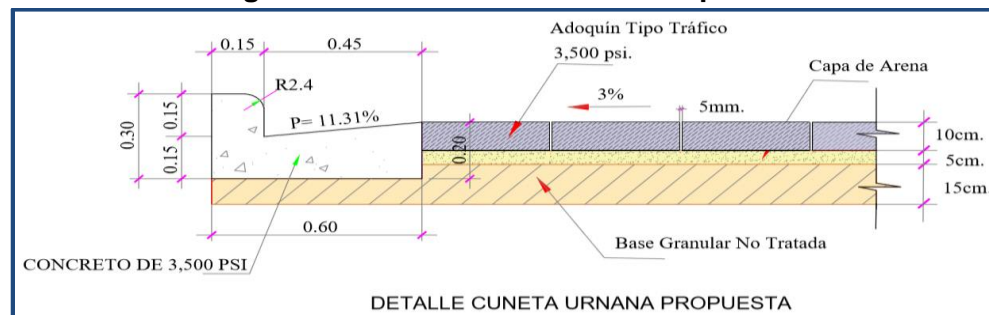
A continuación, se presentan las características de Diseño de la vía con las que contará el tramo de Adoquinado de 994 metros Lineales.

Imagen- 12: Sección Típica de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD 2017, Sin Escala).

Imagen- 13: Detalles de Cunetas Propuestas.



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD 2017, Sin Escala).

5.3.2. Etapa 1 (Preliminares).

La Etapa Preliminares contempla las siguientes actividades:

5.3.2.1. Limpieza para Adoquinado 230 (01).

Se calculó tomando el ancho de calzada de 5.30 metros lineales más cunetas con bordillo de 0.60 metros a ambas bandas, para un ancho total por banda de 6.50 metros lineales y un costo unitario de esta actividad de C\$ 3.50 (córdobas), por metro cuadrado (m²). Para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Acho de Seccion} \times \text{Longitud Total} = 6.50 \text{ m} \times 994.0 \text{ m} = 6,461 \text{ m}^2. \quad (\text{Ec. 20})$$

Tabla 59: Limpieza Inicial.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
230 (01)	Limpieza para Adoquinado	M ²	6,461.00	3.50

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.2.2. Trazo y Nivelación 230 (02).

Para todas las operaciones de nivelación se establecerán estacas de referencia cada 20 metros aproximadamente. Se Tomó el largo del Tramo que equivale a 994 metros Lineales y considerando un costo unitario de esta actividad de C\$ 6.50 (córdobas), por metro cuadrado Lineal. Para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo por metro Lineal} \times \text{Longitud Total} = 6.50 \text{ C\$/m} \times 994.0 \text{ m} = \text{C\$ } 6,461.0 \quad (\text{Ec.21})$$

Tabla 60: Trazo y Nivelación.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
230 (02)	Trazo y Nivelación	Metro Lineal (ml)	994.00	6.50

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.2.3. Rótulo 230 (03).

Consiste en la colocación del rótulo informativo del proyecto, los detalles de su costo unitario se muestran en la **Tabla-61** de la siguiente página.

Tabla 61: Costo Unitario del Rótulo.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
230 (03)	Rótulo Informativo del Proyecto	c/u	1.00	7,500.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.2.4. Movilización y Desmovilización 231 (01).

Si el pliego de Licitación incluye el concepto de movilización, deberá entenderse como tal el pago por traslado de la maquinaria pesada de construcción ida y regreso hacia el proyecto, es decir, movilización y desmovilización de la maquinaria a su punto de origen de contrato.

Considerando como punto de origen de contrato de la maquinaria la ciudad de Estelí, el tipo de vía por la que será transportada (Pavimentada Nic-1) y que distancia se encuentra del proyecto (34 Kilómetros).

El equipo a ser empleada en la ejecución del movimiento de tierra y/o izaje de estructuras, será la siguiente:

- Cargadora de Ruedas (1).
- Excavadora (1).
- Vibrocompactadora (1).
- Camión Cisterna de 3000 Galones (1).
- Tractor de Cadena D6.
- Motoniveladora (1).
- Camión Volquete de 10 M3 (3).

Tabla 62: Costo Unitario de Movilización y Desmovilización.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
231 (01)	Movilización y Desmovilización	Glb	1.00	18,492.24

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.3. Etapa 2 y 3 (movimiento de tierra, excavación y terraplenado).

El trabajo comprende descapote, cortes, excavación, relleno, construcción de terraplenes con taludes de corte o de ladera, acarreo de materiales de préstamo común o selecto, excavaciones especiales, rellenos especiales, extracción de materiales inadecuados, traslado a botaderos del material inadecuado, proceso y compactación adecuada de los materiales conforme las normas y diseños establecidos, aplicando los estudios geológicos y de suelo.

Antes de realizar el cálculo de la excavación es necesario conocer como quedó constituida la estructura de pavimento articulado en este caso de acuerdo con el **Capítulo IV**, la estructura de pavimento articulado para este tramo de 994.0 metros lineales tendrá un espesor de 0.30 metros (12.00 pulgadas), a continuación, en la **Tabla-63** se muestra los detalles:

Tabla 63: Estructura de Pavimento Propuesto.

Capa		Espesor (metros)	Espesor (Pulg)
01	Adoquín tipo trafico	0.10	4.00
02	Capa de Arena	0.05	2.00
03	Base Granular No Tratada	0.15	6.00
TOTAL		0.30	12.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El valor del factor de abundamiento escogido fue de **1.30**, ya que el material a desalojar y a acarrear es material selecto, tal como se muestra en la **Tabla-64**:

Tabla 64: Factor de Abundamiento.

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Arcillas	25%	1.25
Gravas y material selecto	30%	1.30
Rocas entre 3" y 14"	40%	1.40

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El volumen de Excavación a estimar depende del ancho de sección con la que contará el tramo (**Ver Imagen-12, pág. 78**), y de la longitud del tramo (994 metros).

Para el cálculo de los volúmenes del movimiento de tierra del Proyecto que inicia en el Barrio Evaristo Cruz (estación 0+000) y finaliza en el Barrio El Esfuerzo #1 (estación 0+994), se hizo uso del software Autodesk AutoCAD 2017 por medio de su herramienta CivilCAD, Mediante el uso de plantilla se calcularon las áreas destinadas para los distintos componentes que se presentarán en la estructura de la carretera (terraplenes, cortes, base y otros).

La **excavación en la vía** del tramo fue obtenida a través del resultado que proporciona el programa Autodesk AutoCAD 2017 por medio de su herramienta CivilCAD, este volumen total corresponde **2263.85 m³** ya afectado con el factor de abundamiento de 1.30. (**Ver Anexo Cap. V, Tablas 101-103, pág. XXX-XXXII**)

Para el cálculo del costo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Total} = \text{Costo por m}^3 \times \text{Volumen de Excavación} \quad (\text{Ec.22})$$

$$\text{Costo Total} = 122.3 \text{ C\$/m}^3 \times 2,263.85 \text{ m}^3 = \text{C\$ } 276,702.71.$$

Tabla 65: Volumen de Excavación.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
203(1)	Excavación en la vía	m³	2263.85	122.3

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el calculo del volumen de **base granular** a ser nivelada, conformada y compactada, se multiplico la longitud de 994 metros con los 6.50 metros de ancho de sección con la que contará el tramo y su espesor que será de 0.15 metros.

Para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Base Granular} = \text{Ancho de Seccion} \times \text{Espesor necesario} \times \text{Longitud Total} \quad (\text{Ec.23})$$

$$\text{Base Granular} = 6.50 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 994.0 \text{ m} = 969.15 \text{ m}^3.$$

Tabla 66: Volumen de Base Granular.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
201(b)	Explotacion de banco	m ³	969.15	174.02
203(9b)	base Granular (Nivelada, conformada y compactada)	m ³	969.15	169.97

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La cantidad de material a excavar en la vía es de **2263.85 m³** y la cantidad de volumen de terraplén necesario para compensar la subrasante en el tramo es de **431.07 m³**, ya afectado con el factor de abundamiento de 1.30. **Ver Anexo Cap. V, Tablas 99-101, pág. XXX-XXXII.**

Por tanto, la cantidad de material a ser desalojado es la resta del volumen de excavación en la vía menos el volumen de terraplén, para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol Desalojo} = C - T \quad (\text{Ec.24})$$

$$\text{Vol Desalojo} = 2,263.85 - 431.07 = 1,832.78 \text{ m}^3.$$

Donde:

C = 2263.85 m³ (Movimiento de Tierra, Corte).

T = 431.07 m³ (Movimiento de Tierra, Terraplen).

Mientras que el cálculo de la actividad de acarreo de material se calculó afectando el volumen total a ser explotado (969.15 m³), con el factor de abundamiento de 1.30, para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol Explotacion Banco} = B \times FA \quad (\text{Ec.25})$$

$$\text{Vol Explotacion Banco} = 994.15 \times 1.3 = 1,259.90 \text{ m}^3.$$

Donde:

B = 994.15 m³ (Base Granular no tratada).

FA = 1.3 (factor de Abundamiento, Gravas y material selecto).

Tabla 67: Volumen de Base y Subbase.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
203(9c)	Desalojo de Material	m ³	1,832.78	92.54
201(c)	Acarreo de Material	m ³	1,259.90	92.54

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.4. Etapa 4 (Sección de Calles).

Una vez terminado el proceso de cortes, rellenos y compactación para conformar la estructura de pavimento se procederá a colocar una capa de 5 centímetros de arena. La arena que se utilizará deberá ser pasada el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.

El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de colocadas. El adoquín que se escogió es del tipo "TRAFICO", de concreto de 3500 Psi. La superficie adoquinada, una vez terminada deberá tener un bombeo del 3% lateral para facilitar el escurrimiento del agua.

El área por Adoquinar se calculó, considerando el ancho de Rodamiento con la que contará el tramo **(Ver Imagen-12, pág.78)**, y de la longitud del tramo (994 metros), para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Área de Colocación de Adoquines} = AR \times LT \quad (\text{Ec.26})$$

$$\text{C. Adoquin} = 5.30 \times 994.0 = 5,268.20 \text{ m}^2.$$

Donde:

AR = 5.30 m (Ancho de Rodamiento).

LT =994.0 m (Longitud Total).

Tabla 68: Área de colocación de Adoquines de 3,500 psi.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
502(1)	Colocación de Adoquines	M ²	5,268.20	564.20

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se calculó el volumen de concreto de 3000 psi para bordillos longitudinales considerando que serán de 0.10 metros de ancho por 0.30 metros de alto, los resultados se muestran a continuación, en la **Tabla-68**:

Tabla 69: Bordillos Longitudinales.

Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
901(1b)	Bordillos Longitudinales	M ³	59.64	3,762.49

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para Vigas de remate transversales se consideró que serán de 0.15 metros de ancho por 0.40 metros de alto, espaciadas a cada 50 metros, para el cálculo de este concepto se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. Vigas Transversales} = \text{Cant.} \times \text{AR} \times \text{AVR} \times \text{AIVR} \quad (\text{Ec.27})$$

$$\text{Vol. Vigas Transversales} = 14 \times 5.30 \times 0.40 \times 0.15 = 4.452 \text{ m}^3$$

Dónde:

AR = 5.30 m (Ancho de Rodamiento).

LT = 994.0 m (Longitud Total).

AVR = 0.40 m (Ancho de Viga de Remate).

AIVR = 0.10 m (Altura de Viga de Remate).

Esp. VR = Según NTON (Espaciamiento de Viga de Remate, ver a continuación).

<u>Pendiente</u>	<u>Distancia entre vigas transversales</u>
0% - 8%	-
8% - 12%	cada 100 metros.
12% - 15%	cada 30 metros.
15% - 20%	cada 20 metros.
20% - 20%	cada 15 metros.

Tabla 70: Vigas Transversales.

CONFINAMIENTO DE ADOQUINADO					
PVI	Estación	Elevación	pendiente	Distancia	Cant
1	0+000.03	559.83	-1.80	0.00	0
2	0+060.00	558.83	10.78	60.00	1
3	0+120.00	565.3	1.60	0.00	0
4	0+280.00	567.71	2.48	0.00	0
5	0+340.00	569.35	-3.65	0.00	0
6	0+390.00	560.43	2.63	0.00	0
7	0+580.00	565.43	-14.80	220.00	8
8	0+800.00	566.26	9.8	120.00	2
9	0+920.00	571.53	12.37	74.01	3
10	0+994.01	569.84	-1.35	0.00	0
Total Vigas Transversales					14
Código	Concepto de Obra	Unidad de Medida	Cantidad	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)	
901(1c)	Vigas Transversales	M ³	4.452	3762.49	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

A continuación, se presenta como se calculó la cantidad de materiales necesarios para obtener 1.00 metro cúbico de concreto 3000 psi (proporción 1:2:3).

$$\text{Bolsas de Cemento} = \left[\frac{1}{(1+2+3)} \right] * 35.3 \quad (\text{Ec.28})$$

$$\text{Bolsas de Cemento} = 5.89 \text{ Bolsas.}$$

Dónde:

1 = Proporción del cemento.

1+2+3 = Proporción Total.

1m³= 35.3 (bolsas de cemento).

$$\text{Vol. de Arena} = \left[\frac{2}{(1+2+3)} \right] \quad (\text{Ec.29})$$

$$\text{Vol. de Arena} = 0.33 \text{ m}^3.$$

Dónde:

1 = Proporción de la Arena.

1+2+3 = 6 (Proporción).

$$\text{Vol. de Grava} = \left[\frac{3}{(1+2+3)} \right]$$

$$\text{Vol. de Grava} = 0.50\text{m}^3.$$

Dónde:

1 = Proporción de la Grava.

1+2+3 = 6 (Proporción).

Una vez calculado la cantidad necesaria de material para un m^3 de concreto con una a Proporción 1:2:3, se afectaron por el rendimiento por elemento y a su vez considerando un rendimiento de mezcla del 75%.

$$\text{Cant. Total por Elemento} = \left[\left(\frac{\text{Cant. E}}{\text{De}} \right) + \text{Cant. E} \right] \times \text{Rm} \quad (\text{Ec.30})$$

Dónde:

Cant. E= Cantidad por elemento (Cemento, Arena, Grava).

De= Desperdicio del elemento (C:5%, A: 30%, G:15%).

Rm= Rendimiento de mezcla (Proporción 1:2:3).

$$\text{Cant. Total de Cemento} = \left[\left(\frac{5.89}{0.5} \right) + 5.89 \right] \times 0.75 = 8.24 \text{ bolsas}$$

$$\text{Cant. Total de Arena} = \left[\left(\frac{0.33}{0.30} \right) + 0.33 \right] \times 0.75 = 0.58 \text{ m}^3$$

$$\text{Cant. Total de Grava} = \left[\left(\frac{0.50}{0.15} \right) + 0.50 \right] \times 0.75 = 0.77 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de cantidad del volumen necesario de agua por metro cúbico, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. de Agua} = 8 \text{ Gln/bolsa} \times 8.24 \text{ bolsas.} \quad (\text{Ec.31})$$

$$\text{Vol. de Agua} = 65.92 \text{ Galones.}$$

Dónde:

8 Gln/bolsa = Cantidad de agua por bolsa de cemento.

8.24 Bolsa = Cantidad Total de cemento (Proporción 1:2:3).

Tabla 71: Cantidad de Materiales para 1 m³ de Concreto de 3000 psi.

Elemento	Proporción	Cantidad por Elemento	Unidad de Medida	Desperdicio por Elemento	Rendimiento de Mezcla	TOTAL ELEMENTO
Cemento	1.00	5.89	Bolsa	5%	75%	8.24
Arena	2.00	0.33	M ³	30%	75%	0.58
Grava	3.00	0.50	M ³	15%	75%	0.77
Agua	-	8.00	Gln/Bls		-	65.92

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para los 11 Badenes Tipo I propuestos, considerando que serán de 0.60 metros de ancho por 0.30 metros de alto, para el cálculo de cantidad del volumen necesario de concreto por baden se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. de Concreto Baden} = L \times \text{Alb} \times \text{Anb} \quad (\text{Ec.32})$$

Dónde:

L = Largo del Baden.

Alb = Alto del Baden.

Anb = Ancho del Baden.

Tabla 72: Vados Tipo I.

Estación	Badén			Volumen (m³)
	Largo (metros)	Ancho (metros)	Altura (metros)	
0+004	8.37	0.60	0.30	1.507
0+004	9.95	0.60	0.30	1.791
0+101	7.08	0.60	0.30	1.274
0+207	10.6	0.60	0.30	1.908
0+290	11.14	0.60	0.30	2.005
0+585	8.24	0.60	0.30	1.483
0+603	12.2	0.60	0.30	2.196
0+695	11.33	0.60	0.30	2.039
0+820	6.85	0.60	0.30	1.233
0+923	10.75	0.60	0.30	1.935
0+925	9.95	0.60	0.30	1.791
Volumen total				19.163
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
901(1d)	Vados Tipo 1 de concreto simple de 3000psi en bocacalles	m³	19.163	4, 095.89

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para los **891.17 metros lineales** de cunetas, considerando que serán tipo caite con Bordillo típicas de para este tipo de vías (colectora Suburbana), con un área de **0.105 metros cuadrados**. Para el cálculo de cantidad del volumen necesario de concreto para cunetas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. de Concreto Cunetas} = L \times Ac \times 2 = 994.0 \text{ m} \times 0.105 \text{ m}^2 \times 2 \quad (\text{Ec.33})$$

$$\text{Vol. de Concreto Cunetas} = 93.57 \text{ m}^3$$

Dónde:

L = Largo de cuentas.

Ac= Area de Cuneta.

2= ambas bandas (BD y BI).

Tabla 73: Cunetas Tipo Caite y Bordillo.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
901(1a)	Cunetas de concreto simple de 3000psi	m³	93.57	3, 919.30

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.5. Etapa 5 (Señalamiento Vial).

Esta Etapa consiste en la colocación de señales Verticales preventivas y señales Horizontales sobre la vía.

Los detalles de su costo unitario se muestran en la **Tabla-74** para señales preventivas verticales (señal de Alto, Doble vía y Zona escolar) y **Tabla-75** para señales Horizontales (línea segmentada en línea central):

Tabla 74: Costo Unitario de Señales Verticales.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(C\$)
801(1a)	Señal Restrictiva de 76 cms x 76 cms (ALTO Y DOBLE VIA).	c/u	8.00	3,793.75
801(1b)	Señal Restrictiva de 90 cms x 30 cms (ZONA ESCOLAR).	c/u	1.00	2,818.75

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 75: Señalamiento Horizontal (Línea Segmentada).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(C\$)
802(3a)	Línea segmentada en la line central	ml	994.0	14.95

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3.6. Etapa 6 (Limpieza Final).

Esta etapa se refiere exclusivamente a la disposición de material contaminado que resultan de las excavaciones, la limpieza del revenido durante el proceso de perfilación y revestimiento, limpieza de vados, etc. Esta etapa se cobra de forma Global (Glb), con un costo de **C\$ 14,049.10**.

Tabla 76: Limpieza Final.

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)
230 (01)	Limpieza Final	Glb	1.00	14, 049.10

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.4. Take Off de Costos Directos e Indirectos por Etapas del Proyecto.

Tabla 77: Take Off (Etapa 1-3).

CODIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	% Pesado
	PRELIMINARES				90,401.15	2,781.23	
230(1)	Limpieza para Adoquinado	m²	6,461.00	3.50	22,613.50	695.71	0.48%
231(1)	Movilizacion y Desmovilización	Glb	1.00	53,826.65	53,826.65	1,656.00	1.15%
250(3)	Rótulo alusivo al proyecto	C/U	1.00	7,500.00	7,500.00	230.74	0.16%
230(2)	Trazo y Nivelacion con estacion total	ml	994.00	6.50	6,461.00	198.78	0.14%
	MOVIMIENTO DE TIERRA				285,245.10	8,775.69	
201(b)	Explotacion de banco	m³	969.15	174.02	168,652.58	5,188.67	3.61%
201(c)	Acarreo de Materiales	m³	1,259.90	92.54	116,592.52	3,587.02	2.49%
	EXCAVACIÓN Y TERRAPLENADO				611,037.36	18,798.83	
203(1)	Excavación en la vía	m³	2,263.85	122.23	276,702.71	8,512.88	5.92%
203(9b)	base reciclada con Material de Banco(Nivelada, conformada y compactada)	m³	969.15	169.97	164,726.51	5,067.88	3.52%
203(9c)	Desalogo de Material	m³	1,832.78	92.54	169,608.14	5,218.07	3.63%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 78: Take Off (Etapa 4-6).

CODIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	% Pesado
	SECCION DE CALLES				3,626,525.37	111,571.66	
502(1)	Colocación de adoquines de 3500psi	m²	5,268.20	556.40	2,931,246.90	90,181.11	62.70%
901(1a)	Cunetas de concreto simple de 3000psi	m³	93.57	3,919.30	366,740.07	11,282.92	7.84%
901(1b)	Bordillos Longitudinal en calles (10cm x 40cm)	m³	59.64	3,762.49	224,394.90	6,903.61	4.80%
901(1c)	Viga de remate (15cm x 40cm)	m³	4.45	3,762.49	16,743.08	515.11	0.36%
901(1d)	Vados Tipo 1 de concreto simple de 3000psi en bocacalles	m³	19.16	4,095.89	78,488.72	2,414.74	1.68%
	Pintura de bordillos (Cara superior, cara lateral)	m	891.17	10.00	8,911.70	274.17	0.19%
	SEÑALAMIENTO VIAL				48,029.05	1,477.63	
	Señalamiento Vertical				33,168.75	1,020.45	
801(1a)	Señales Tipo 1 (Alto y doble vía)	c/u	8.00	3,793.75	30,350.00	933.73	0.65%
801(1b)	Señales Tipo 2 Zona Escolar)	c/u	1.00	2,818.75	2,818.75	86.72	0.06%
	Señalamiento Horizontal				14,860.30	457.18	
802(3a)	Línea segmentada en la línea central	ml	994.00	14.95	14,860.30	457.18	0.32%
	LIMPIEZA				14,049.10	432.23	
	Limpieza y Entrega Final	Glb	1.00	14,049.10	14,049.10	432.23	0.30%
	Sub-Total Sin Impuestos				4,675,287.13	143,837.27	100.00%
	Impuesto Municipal (1.0%)				46,752.87	1,438.37	
	Impuesto sobre la Renta I.R. (2%)				93,505.74	2,876.75	
	Utilidades (12%)				561,034.46	17,260.47	
	Impuesto al Valor Agregado I.V.A. (15.0%)				701,293.07	21,575.59	
	TOTAL GENERAL				6,077,873.27	186,988.45	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con los resultados del Take Off se puede concluir que, para este tramo de 994 metros lineales de Adoquinado, se obtuvo los siguientes resultados por Etapa:

Tabla 79: Resumen de Costos por Etapas.

CONCEPTO DE OBRA	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	% PESADO
PRELIMINARES	90,401.15	2,781.23	1.93%
MOVIMIENTO DE TIERRA	285,245.10	8,775.69	6.10%
EXCAVACIÓN Y TERRAPLENADO	611,037.36	18,798.83	13.07%
SECCION DE CALLES	3,626,525.37	111,571.66	77.57%
SEÑALAMIENTO VIAL	48,029.05	1,477.63	1.03%
LIMPIEZA	14,049.10	432.23	0.30%
COSTO DIRECTO	4,675,287.13	143,837.27	100.00%
COSTOS INDIRECTOS	1,402,586.14	43,151.18	
COSTO TOTAL	6,077,873.27	186,988.45	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con la **Tabla-79** el costo total del Proyecto será de **C\$ 6,077,873.27** que equivale a **\$ 186,988.45**.

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos específicos planteados se ha concluido que:

- Del aforo vehicular de 12 horas diurnas realizado en el estudio de tránsito, se obtuvo un TPDA (tránsito promedio diario anual) de **602** vehículo/día.
- El número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) o W18= **730,342.00** en un periodo de 20 años trabajando con un $P_o=4.2$, $p_t=2.0$, $\Delta\psi=2.2$ y un $SN=5$ asumido.
- Después de analizar los estudios de suelo se determinó que predominan los suelos del tipo **A-2-4, A-2-7, A-2-6, y A-7-5**, en menor cantidad se encontraron suelos como **A-1-a (0)**. El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de 9.8 %, este cálculo se realizó tomando un percentil de 75%.
- Se propone como base granular el banco de materiales **Nº1 (Domingo Palacios)**, el cual fue no fue estabilizado con cemento. Este material corresponde a una grava bien graduada con arena color café claro, su clasificación A-1-a (0), clasificado según la AASHTO como un material de excelente calidad, no posee limite liquido ni limite plástico, este banco se encuentra a 342 metros de la estación final 0+994, cumple con las especificaciones de la NIC-2000 Sección: 1003.09 (a y b) para ser utilizado como material Base granular.
- Los espesores de la estructura de pavimento resultantes fueron, de: **4 pulgadas** para la carpeta de rodamiento (Adoquín), **2.0 pulgadas** para la capa de arena, **6.0 pulgadas** para la base granular no estabilizada, utilizando el banco de Domingo Palacios #1, las dimensiones de la sub-base resulto negativa por lo cual no necesita dicha capa.

- En la comprobación del software WinPAS el SN requerido resulto de 2.32, similar al calculado de manera manual con el ábaco de diseño de la AASHTO-93 que fue de 2.35, por lo tanto, la sumatoria de los números estructurales calculados $SN_1 + SN_2 = 2.61 \geq 2.32$ cumple para soportar las cargas a la cual estará sometida durante su periodo de diseño.

- En el **Presupuesto**, el resultado de los Costos Directos fue de un total de **C\$ 4,675,287.13** córdobas y el resultado de los costos Indirectos fue de **C\$ 1,402,586.14** córdobas, para un monto total de **C\$ 6,077,873.27** córdobas equivalentes a **\$ 186,988.45** dólares, para ello se utilizó una tasa de cambio de **C\$ 32.504** que equivale a \$1(un dólar americano).

RECOMENDACIONES.

- Los materiales para revestimiento serán provenientes de la explotación de bancos de material selecto. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien ligada y densa.
- Realizar un corte de 30 centímetros de profundidad a lo largo de los 994 metros del tramo para colocar la estructura de pavimento diseñada.
- El material cortado deberá ser desalojado en su totalidad y reemplazado por el material de los bancos analizados en el estudio.
- Antes de colocarse el material de préstamo de base, se recomienda limpiar y escarificar la superficie de sub-rasante o rodamiento existente al menos en 15 cm de profundidad y compactarla a un mínimo de 95% Próctor Estándar (ASTM D 698).
- Controlar durante el proceso de construcción, cualquier afloramiento posible de materiales indeseables no detectado en el estudio geotécnico.
- En caso de que se encontrara suelo inestable, debe ser sub-excavado y se deberá reponer con material de préstamo del banco de préstamo Domingo Palacios el cual cumple con las especificaciones de la Nic-2000 sección 1003.09 (a y b).
- Se debe constatar que el material la capa base esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto podría afectar la resistencia de la estructura.
- Utilizar adoquín tipo tráfico y que este cumpla con su resistencia de 3,500 PSI según la NIC 2000 sección 502.02 (a).

- La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.
- Los Adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON 12009-10 para Adoquines de concreto para pavimento.
- Al comienzo y al final del adoquinamiento deberán construirse remates de concreto simple, Clase A, de las dimensiones mostradas en los planos. Los materiales y métodos de construcción de estos remates se ajustarán a lo establecido en la Sección-901 de estas especificaciones de la NIC-2000.
- Los materiales pesados de desperdicio deben ser sacados fuera del sitio, a lugares autorizados, tales como terrenos baldíos o potreros, de predios autorizados por el dueño de la propiedad, quien dará su consentimiento o aprobación, previo acuerdo por escrito y presentado al Ingeniero, de acuerdo con las Normas Ambientales establecidas.
- La estructura final de pavimento articulado debe cumplir con los espesores de diseño que en este caso son, 6 pulgadas de base granular, 2.00 pulgadas de Arena y adoquín de 4 pulgadas.
- Verificar que los espesores de diseño de cada una de las capas del pavimento no varíen en más de dos centímetros con el espesor indicado.
- El material de la capa de base (Banco de préstamo Domingo Palacios), ubicado a 342 metros de la estación final 0+994 correspondiente a agregados naturales, se recomienda que cumplan las especificaciones mínimas de Compactación (% Mínimo de CBR al 95% compactación de las pruebas Próctor Modificado, AASHTO T-180), indicadas en la Nic- 2000.

BIBLIOGRAFÍA.

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edición). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Ayllón Acosta, J. (2004). Guía de pavimentos de concreto Asfáltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.

Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. México: International Thomson Editores, S.A. de C.V.

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2017). Anuario de Aforos de Tráfico. Managua.

MTI NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey - México: Limusa Noriega Editores.

ANEXOS

Anexo Capítulo I: Fotos de Situación Actual del Tramo.

Foto N°1: Inicio del Tramo El Comal (Est. 0+000).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Foto N°2: Inexistencia de Cunetas (Est. 00+200).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Foto N°3: Deterioro moderado de la Carpeta de Rodamiento (Est. 00+320).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Foto N° 4: Desgaste de la carpeta rodamiento (Est. 00+500).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Foto N°5: Drenaje transversal inexistente (Est. 00+750).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Foto N°6: Fin del tramo Esfuerzo #2 y Evaristo Cruz Est. 0+994).



Fuente: Levantado por sustentantes.

Anexo Capítulo II: Estudio de Tránsito.

Tabla 80: Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

CONTEO VEHICULAR (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2-Liv.	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	T3S2	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07:00	08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08:00	09:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09:00	10:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10:00	11:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11:00	12:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12:00	13:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13:00	14:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14:00	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15:00	16:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16:00	17:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17:00	18:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Facilitador: Msc Sergio J. Navarro Hudiel

Tabla 81: Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (sábado 19/01/2019).

		FECHA DE CONTEO: SABADO 19 DE ENERO 2019				SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO ESFUERZO 2 Y EVARISTO EST. 0+000									
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	14	3	2	8	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	31
07:00	08:00	11	9	3	6	1	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	36
08:00	09:00	6	9	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24
09:00	10:00	9	15	1	8	3	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	42
10:00	11:00	6	7	0	7	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	24
11:00	12:00	12	2	2	13	2	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	38
12:00	13:00	8	11	1	5	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	32
13:00	14:00	8	3	3	9	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	26
14:00	15:00	13	9	0	7	2	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	37
15:00	16:00	6	4	3	9	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28
16:00	17:00	7	14	5	5	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	37
17:00	18:00	18	3	2	6	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
TOTAL		118	89	22	90	9	3	0	21	19	17	0	0	0	0	0	0	0	388

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 82: Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (Domingo 20/01/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: DOMINGO 20 DE ENERO 2019					SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO ESFUERZO 2 Y EVARISTO EST. 0+000										Total
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado						
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.											
06:00	07:00	12	5	3	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	27			
07:00	08:00	6	6	4	9	2	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	34			
08:00	09:00	7	2	3	6	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	23			
09:00	10:00	8	6	4	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	27			
10:00	11:00	14	3	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22			
11:00	12:00	4	5	2	9	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	26			
12:00	13:00	7	2	5	7	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	27			
13:00	14:00	11	5	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23			
14:00	15:00	6	2	4	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18			
15:00	16:00	5	7	3	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	23			
16:00	17:00	13	2	5	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	26			
17:00	18:00	9	4	2	8	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	29			
TOTAL		102	49	38	66	7	4	0	26	10	3	0	0	0	0	0	0	305			

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 83: Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (lunes 21/01/2019).

HORA		FECHA DE CONTEO: LUNES 21 DE ENERO 2019				SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO ESFUERZO 2 Y EVARISTO EST. 0+000										Total
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado					
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros		
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.										
06:00	07:00	22	12	2	6	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	46		
07:00	08:00	16	8	3	7	2	1	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	43		
08:00	09:00	11	7	4	6	0	0	0	5	4	2	0	0	0	0	0	0	39		
09:00	10:00	4	9	1	5	1	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	27		
10:00	11:00	9	11	0	13	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	40		
11:00	12:00	18	16	2	6	0	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	49		
12:00	13:00	8	12	5	10	1	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	43		
13:00	14:00	7	9	3	6	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	29		
14:00	15:00	8	13	1	11	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	41		
15:00	16:00	15	9	5	7	1	0	0	5	5	2	0	0	0	0	0	0	49		
16:00	17:00	4	11	2	10	0	1	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	35		
17:00	18:00	9	7	2	9	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	33		
TOTAL		131	124	30	96	5	5	0	34	25	24	0	0	0	0	0	0	474		

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 84: Factores de Ajustes para ECD-111 o ECS bajo la Dependencia de la EMC-107 Sébaco-San Isidro.

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.28	1.30	1.34	1.28	1.32	1.33	1.19	1.33	1.51	1.41	1.00	1.51	1.00	1.00	1.09	1.00	1.17
Factor Semana	1.02	1.03	1.02	0.99	0.98	1.50	1.00	0.87	0.89	0.88	0.86	0.91	1.00	1.00	0.93	1.00	0.95
Factor Fin de Semana	0.96	0.92	0.94	1.02	1.05	0.55	1.00	1.57	1.42	1.55	1.71	1.35	1.00	1.00	1.24	1.00	1.16
Factor Expansión a TPDA	1.48	1.09	1.11	1.00	1.03	1.00	1.05	1.02	1.01	1.05	0.86	0.92	1.00	1.00	0.89	0.81	0.99

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.23	1.30	1.32	1.29	1.36	1.30	1.17	1.30	1.40	1.32	1.00	1.57	1.00	1.00	1.13	2.00	1.19
Factor Semana	0.96	1.00	1.02	0.96	0.94	0.98	0.95	0.88	0.86	0.86	1.00	0.91	1.00	1.00	0.86	1.00	0.92
Factor Fin de Semana	1.11	0.99	0.95	1.13	1.18	1.06	1.15	1.53	1.66	1.74	1.00	1.35	1.00	1.00	1.71	1.00	1.30
Factor Expansión a TPDA	0.61	0.87	0.87	0.94	0.93	0.95	0.90	0.96	0.92	0.87	1.48	1.02	1.00	1.00	1.16	0.76	0.83

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.19	1.25	1.25	1.25	1.27	1.22	1.19	1.31	1.43	1.38	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.23
Factor Semana	1.02	1.02	1.02	0.95	0.98	1.14	0.97	0.88	0.88	0.89	0.86	0.95	1.00	1.00	0.78	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	0.96	0.96	0.96	1.17	1.05	0.76	1.09	1.50	1.51	1.43	1.71	1.17	1.00	1.00	3.38	1.00	1.36
Factor Expansión a TPDA	1.47	1.08	1.06	1.07	1.05	1.05	1.07	1.02	1.08	1.11	0.86	1.08	1.00	1.00	0.98	2.27	1.27

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2017, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) Pág. 281.

Tabla 85: Indicadores Macro-Económicos de PIB, POB.

Conceptos-Concept	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	4,026.0	4,101.5	4,464.7	4,872.0	6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7	8,758.6
Población (miles de habitantes) ^{8/} - Population (thousands) ^{8/}	5,244.7	5,312.7	5,380.5	5,450.4	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1
Base monetaria - Monetary base	3,623.2	4,498.4	5,345.5	6,338.1	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8
Depósitos totales ^{9/} - Total deposits ^{9/}	23,471.3	26,708.3	31,155.9	35,238.4	38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3
Cartera de crédito bruta ^{10/} - Gross credit portfolio ^{10/}	11,327.1	14,724.6	18,776.3	24,415.5	31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(2,903.1)	(3,754.8)	(3,565.5)	(3,616.2)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(1,117.5)	(1,404.8)	(965.9)	(790.0)	578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)
Conceptos-Concept	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
PIB (a precios constantes) ^{11/} - Real GDP ^{11/}	138,654	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,093.2	178,017.4	186,671.0		
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	219,182	247,993.9	271,529.8	308,403.1	343,737.9	377,349.1	415,126.8		
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	9,774.3	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,611.1	13,184.3	13,814.2		
Población (miles de habitantes) ^{8/} - Population (thousands) ^{8/}	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9	6,393.8		
Base monetaria - Monetary base	8,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0	33,113.6		
Depósitos totales ^{9/} - Total deposits ^{9/}	12,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	145,144.1	160,719.0		
Cartera de crédito bruta ^{10/} - Gross credit portfolio ^{10/}	13,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	146,721.6	167,150.3		
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(3,457.3)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,906.2)	(11,823.3)	(12,256.2)		
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,593.4)	(7,580.1)	(7,967.4)		

Fuente: Informe Anual del BCN -2017.

Tabla 86: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracicl, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017

Tabla 87: Listado Histórico TPDA ECD-111 (Condega-Shell Palacaguina). Años 2002-2017

2017	447	438	227	953	29	5	134	266	173	49	56	294			1		2	3,074
2015	988	541	220	1258	81	10	170	270	403	50	3	348	1				18	4,361
2012	416	292	187	784	17	3	162	260	215	42		238				1	5	2,622
2011	282	288	230	821	22	8	156	260	294	62		313					4	2,740
2009	442	381	223	927	18	4	176	230	189	39	1	245					6	2,880
2008	394	403	215	921	22	5	202	226	216	44		299			2		6	2,955
2007	196	332		814	19	4	193	188	210	44	14	288		1			3	2,508
2006	180	328	224	825	13	4	185	200	226	42		290					3	2,521
2005	82	262	187	691	13	5	166	145	222	29	12	293					2	2,110
2004	76	254	180	654	12	3	159	123	200	28		287			1		2	1,979
2003	106	228	194	676	14	2	164	124	200	37	1	254	1		0		4	2,005
2002	88	161	157	633	12		141	95	171	38		119					1	1,615
2001	95	90	157	619	9	1	124	93	197	63		92			1		3	1,544
2000	90	99	158	594	7	1	129	89	185	33		127			3	0	3	1,516
1999	64	93	177	578	6	2	128	86	245	51	1	99		1	1	1	5	1,537
1998	66	106	150	549	5		98	51	176	19	1	61					1	1,283
1997	61	84	120	470	6		81	46	132	24		56			2		2	1,084
1996	50	104	104	498	6	21	84	67	186	16	1	45		1	14		12	1,209













Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017. Pag. 114.

Tabla 88: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo- Vehículos Livianos y pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	➡ 1/1	2200/2200
JEEP	➡ 1/1	2200/2200
CAMIONETA	➡ 1/2	2200/4400
MC-15	➡ 2/4	4400/8800
MC-15-30	➡ 4/8	8800/17600
C-2 LIV	➡ 4/8	8800/17600
BUS=C2	➡ 5/10	11000/22000

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 89: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo Vehículos Pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2	 ➡	5.00	10.00					15.00
C3	 ➡	5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
			8.00	8.00				
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
			6.67	6.66	6.66			
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00	16.00				37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00	20.00				41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00	4.0 a	4.0 a			29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00	4.0 a	5.0 a	5.0 a		35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 90: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2.2	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4.4	4	17.8	.002	.003	.002	.002	.002
	6	26.7	.009	.012	.011	.010	.009
8.8	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.029
11	10	44.5	.075	.085	.090	.085	.076
	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.168
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.331
	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.596
17.60	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.59
	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.41
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.51
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.96
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.83
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	9.2
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	12.1
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	15.6
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.9
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	25.1
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	31.2
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	38.5
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	47.1
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	57.0
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	68.6
	50	222.5	113	108	97	86	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla 91: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Anexo Capítulo III: Estudio Geotécnico.


Tabla 92: Clasificación de suelos AASHTO M-145.


CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, (Norma AASHTO M-145).

Tabla 93: Sondeos del Tramo en Estudio (Est inicial 00+000 - Est final 00+994).





ESTUDIOS Y DISEÑOS

INGENIEROS CONSULTORES

Ciente:

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

Barrio:

Calle Esfuerzo#2 y Evaristo

Fecha:

Agosto del 2018

Proyecto:

994 metros de adquinado Casco Urbano de Condega

Estacion Inicial:

00+000

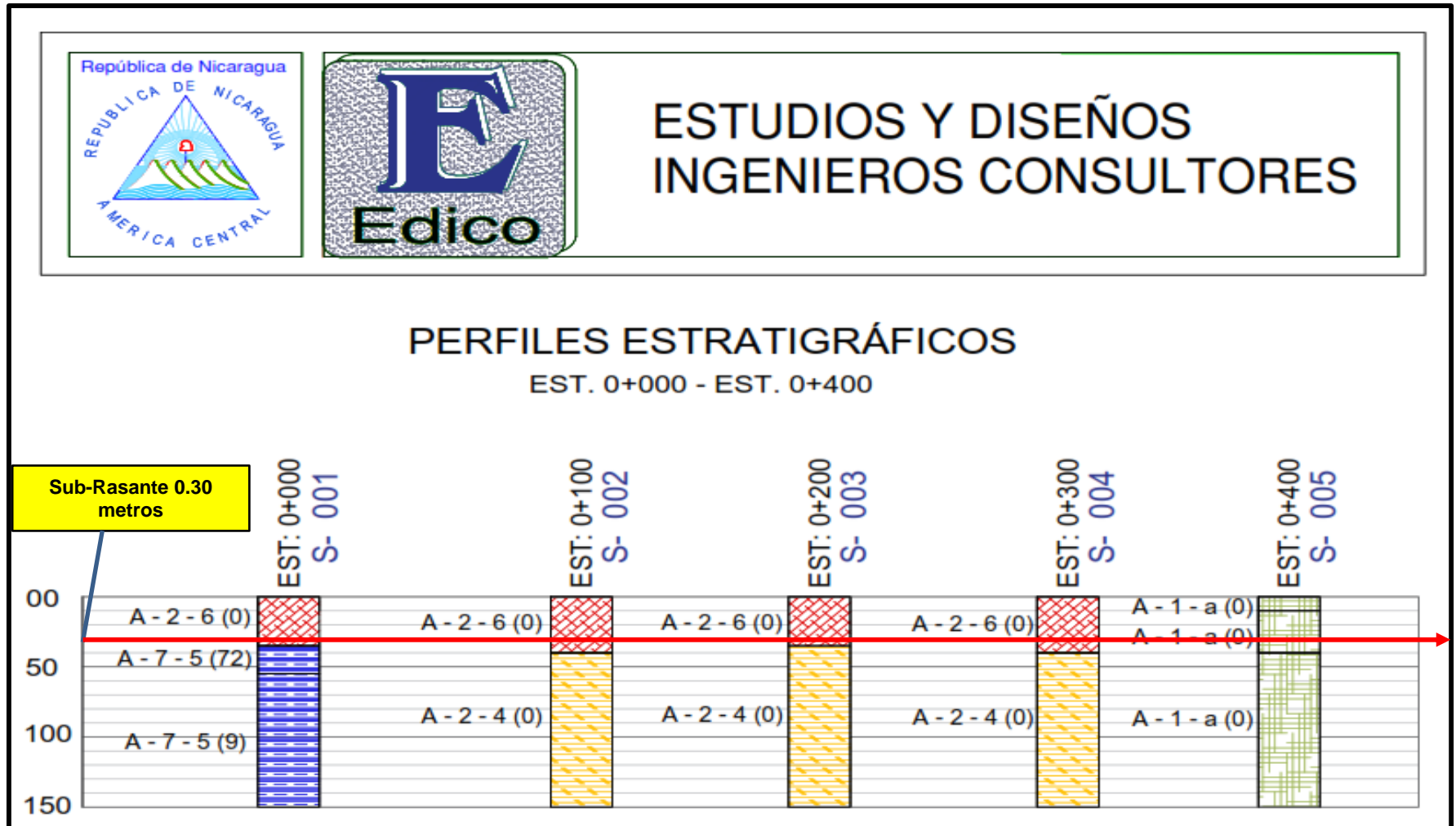
Estacion Final:

00+994

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		DESCRIPCION DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA												Límites		Clasificación AASHTO		Humedad %
		De	A		3"	2"	1	1/2"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	Grupo	IG			
1	00+000	0	30	Grava Pobremente Gradada con Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	9.2		
	00+000	30	55	Limo arcilloso de alta plasticidad color café claro	100	100	100	100	100	100	94	91	87	57	25	A-7-5	17	35.7			
	00+000	55	150	Limo arcilloso de alta plasticidad color café claro	100	100	100	100	100	100	94	71	49	57	25	A-7-5	9	40.8			
2	00+100	0	40	Grava Pobremente Gradada con Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	7.5		
	00+100	40	150	Grava limo arenosa con arcilla color café claro	100	88	80	64	50	31	20	15	11	7	33	8	A-2-4	0	13.1		
3	00+200	0	35	Grava Pobremente Gradada con Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	6.8		
	00+200	35	150	Grava limo arenosa con arcilla color café claro	86	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	A-2-4	0	9.5		
4	00+300	0	40	Grava Pobremente Gradada con Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	6.5		
	00+300	40	150	Grava limo arenosa con arcilla color café claro	100	100	100	98	97	94	85	73	36	25	36	7	A-2-4	0	19.8		
5	00+400	0	10	Grava bien gradada color café con Pintas amarillentas	100	91	91	70	57	40	28	20	12	9	NP	3	A-1-a	0	2.3		
	00+400	10	40	Grava bien gradada color café con Pintas amarillentas	94	89	70	61	54	38	25	17	10	5	NP	3	A-1-a	0	2.3		
	00+400	40	150	Grava bien gradada color café con Pintas amarillentas	100	100	100	97	89	72	55	36	23	15	NP	3	A-1-a	0	2.3		
6	00+500	0	25	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	7.7		
	00+500	25	150	Grava arcillo arenosa color café con pintas rojizas	100	74	55	42	35	22	12	9	7	6	53	28	A-2-7	0	11		
7	00+600	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	4.4		
	00+600	30	120	Grava limo arenosa con arcilla color café claro	100	88	80	64	50	31	20	15	11	7	33	8	A-2-4	0	12.1		
8	00+700	0	10	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	5.2		
	00+700	10	40	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	91	79	71	66	61	48	35	29	20	13	38	16	A-2-6	0	12.9		
	00+700	40	150	Grava arcillo arenosa color café con pintas rojizas	100	100	96	95	92	82	63	53	39	28	45	21	A-2-7	0	19.5		
9	00+800	0	20	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	5		
	00+800	20	150	Grava arcillo arenosa color café con pintas rojizas	100	85	79	73	70	62	45	37	26	18	46	22	A-2-7	0	20.9		
10	00+900	0	25	Grava bien gradada color café con Pintas amarillentas	86	57	54	48	44	35	26	15	8	5	-	NP	A-1-a	0	2.5		
	00+900	25	150	Grava bien gradada color café con Pintas amarillentas	80	70	60	47	41	29	19	13	9	8	-	NP	A-1-a	0	8.5		
11	00+994	0	30	Grava limo arenosa con arcilla color café claro	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	3.4		
	00+994	30	150	Grava arcillo arenosa color café con pintas rojizas	83	68	61	49	42	31	20	16	11	8	41	20	A-2-7	0	9.9		

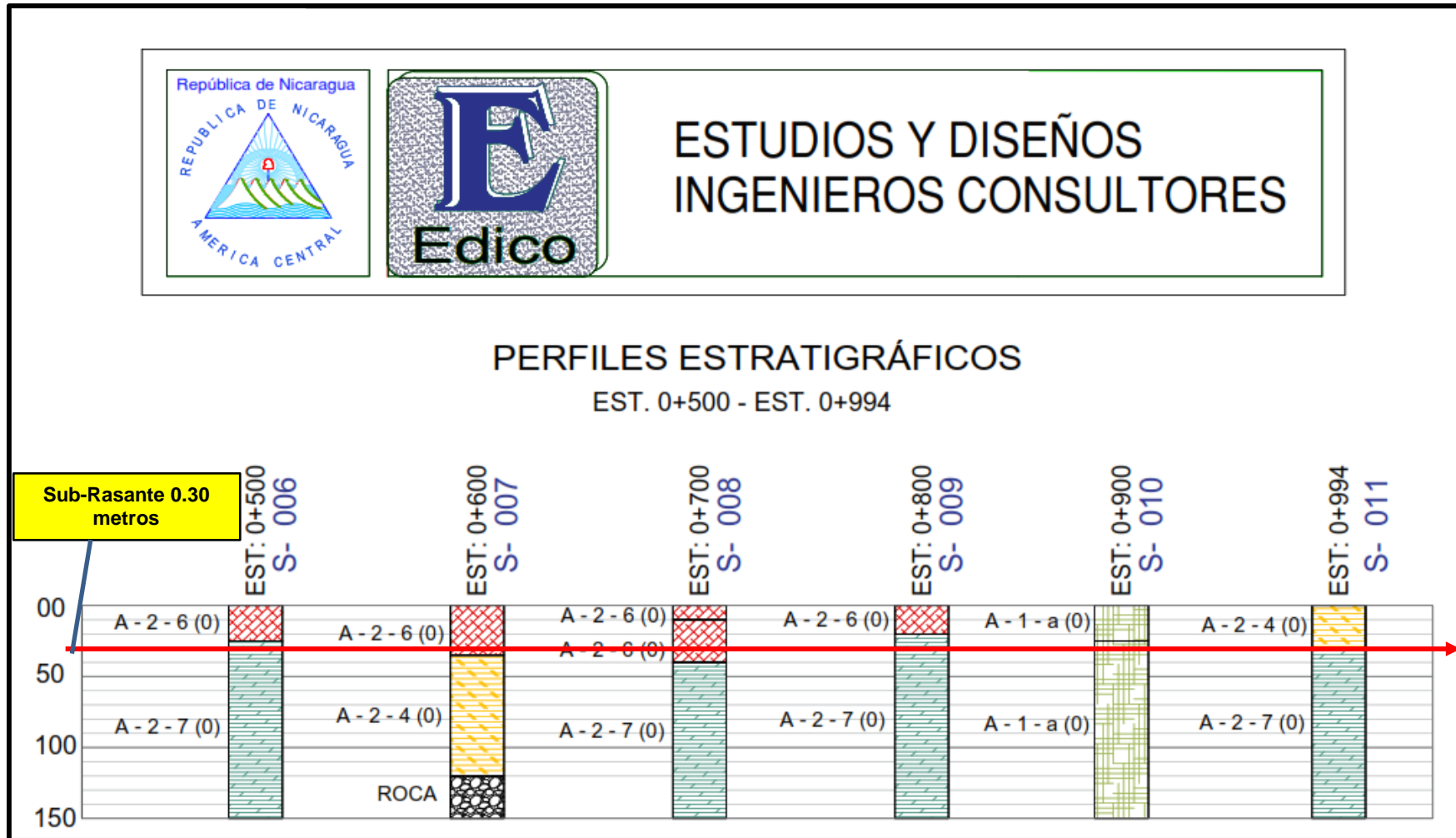
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega / EDICO.

Gráfico 13: Estratigrafía (Est 00+00-00+400), Sondeos (S-1, S-5).



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega / EDICO.

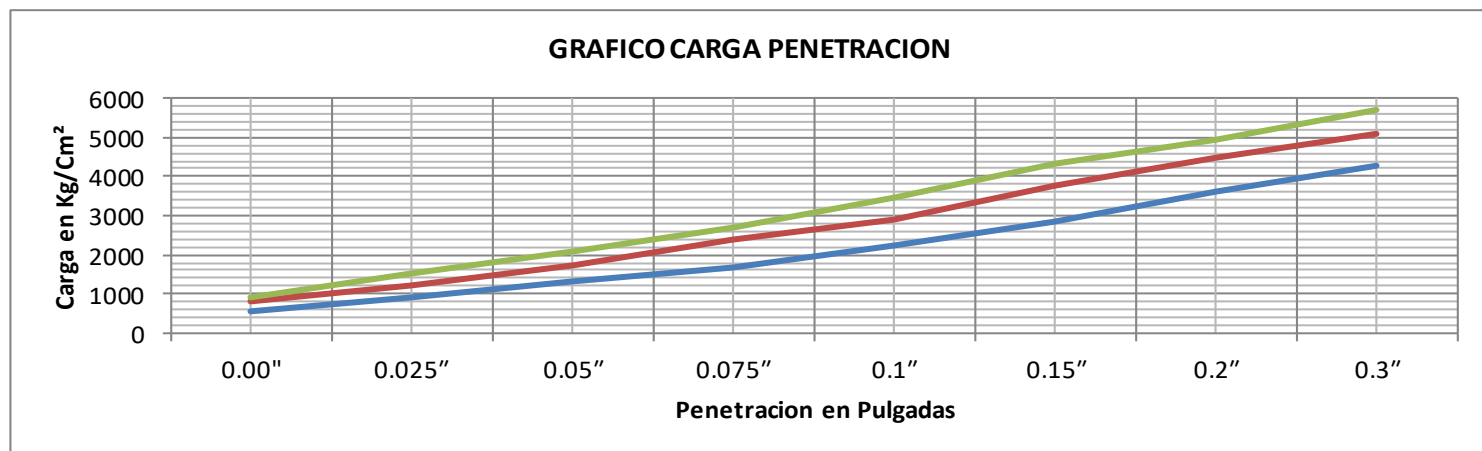
Gráfico 14: Estratigrafía (Est 00+500-00+994) Sondeos, (S-6, S-11).



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega / EDICO.

Tabla 94: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#1 Domingo Palacios.

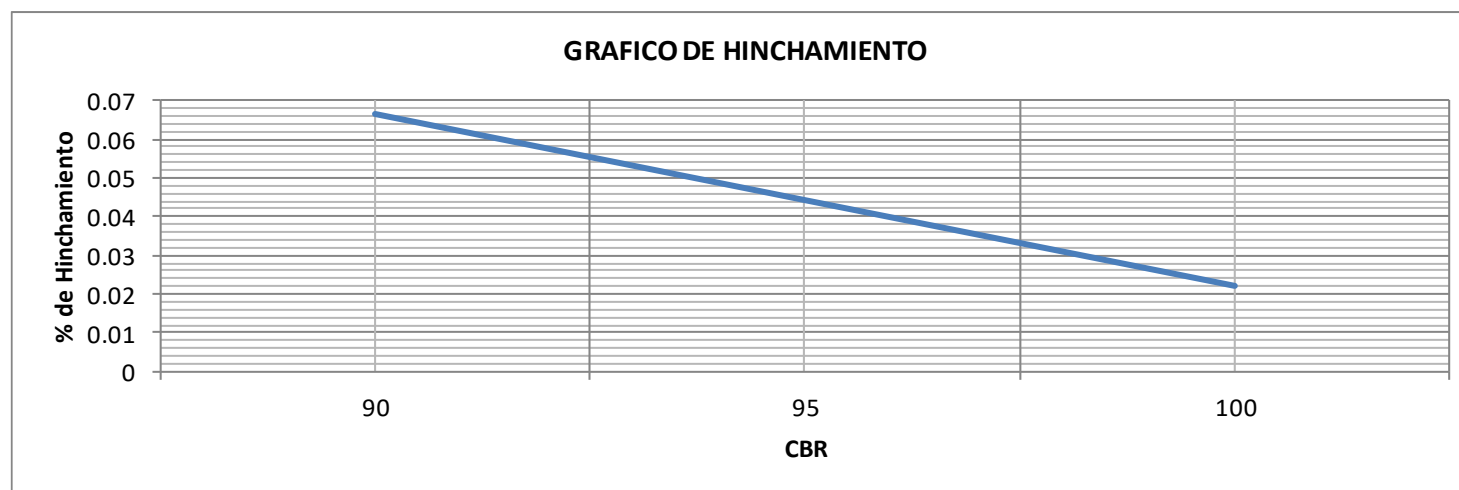
Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	28	570	39	794	45	916
0.05"	44	896	60	1222	74	1507
0.075"	64	1303	86	1751	103	2097
0.1"	81	1649	118	2402	133	2708
0.15"	109	2219	143	2911	169	3441
0.2"	141	2871	184.4	3754	212	4316
0.3"	178	3624	219	4459	243	4947
0.4"	211	4296	249	5069	279	5680
C.B.R		64		83.4		96



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

Tabla 95: Ensaye Desgaste Los Ángeles Banco N#1 Domingo Palacios.

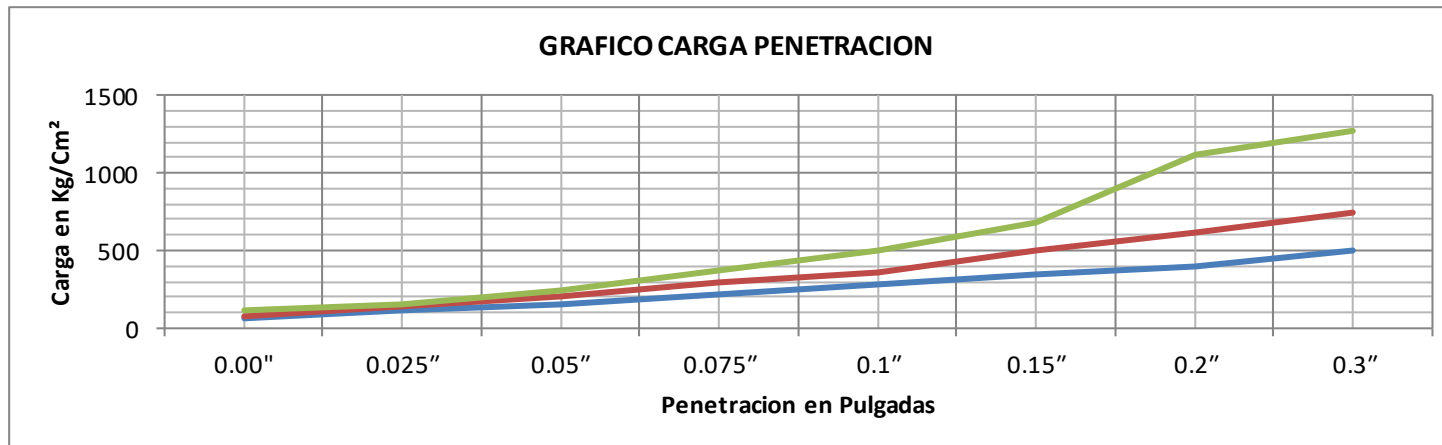
DESGASTE DE LOS ANGELES	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	2200
DIFERENCIA	2,800
% APROXIMADO DE DESGASTE	44
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	2750
% DEFINITIVO DE DESGASTE	48
RESULTADO DE INTEMPERISMO	
12	



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

Tabla 96: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#2 Bayardo Hurtado.

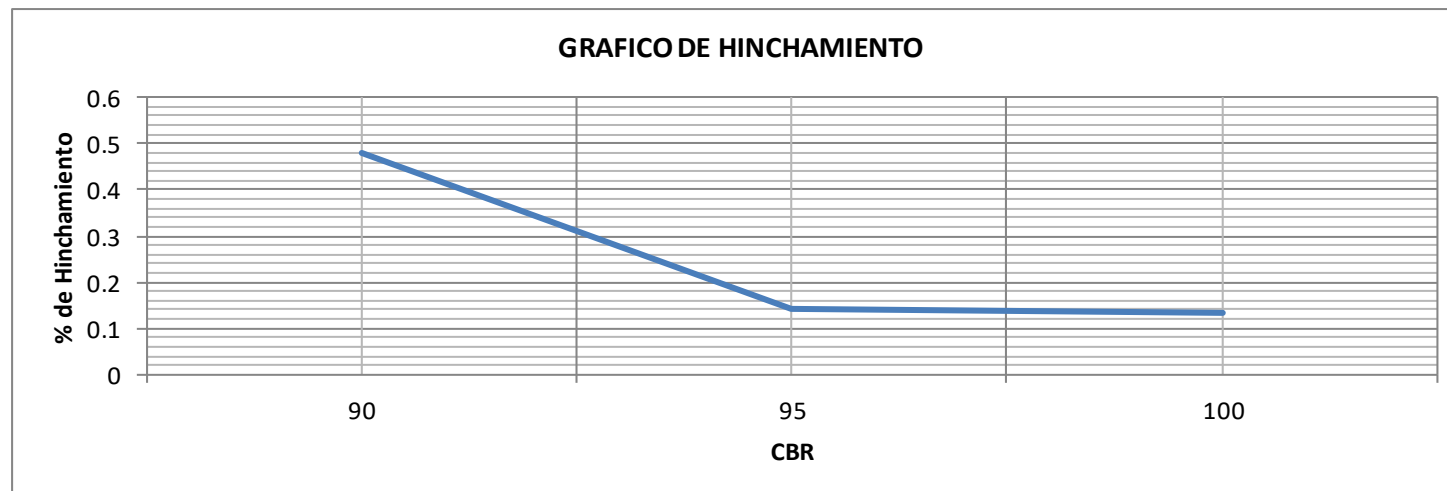
Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	20	62	25	77	35	108
0.05"	36	111	44	136	50	155
0.075"	50	155	66	204	80	247
0.1"	70	217	95	294	120	371
0.15"	90	279	115	356	160	495
0.2"	110	340	160	495	220	680
0.3"	130	402	200	619	360	1113
0.4"	160	495	240	743	410	1268
C.B.R		17		24		33



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

Tabla 97: Ensaye Desgaste Los Ángeles Banco N#2 Bayardo Hurtado.

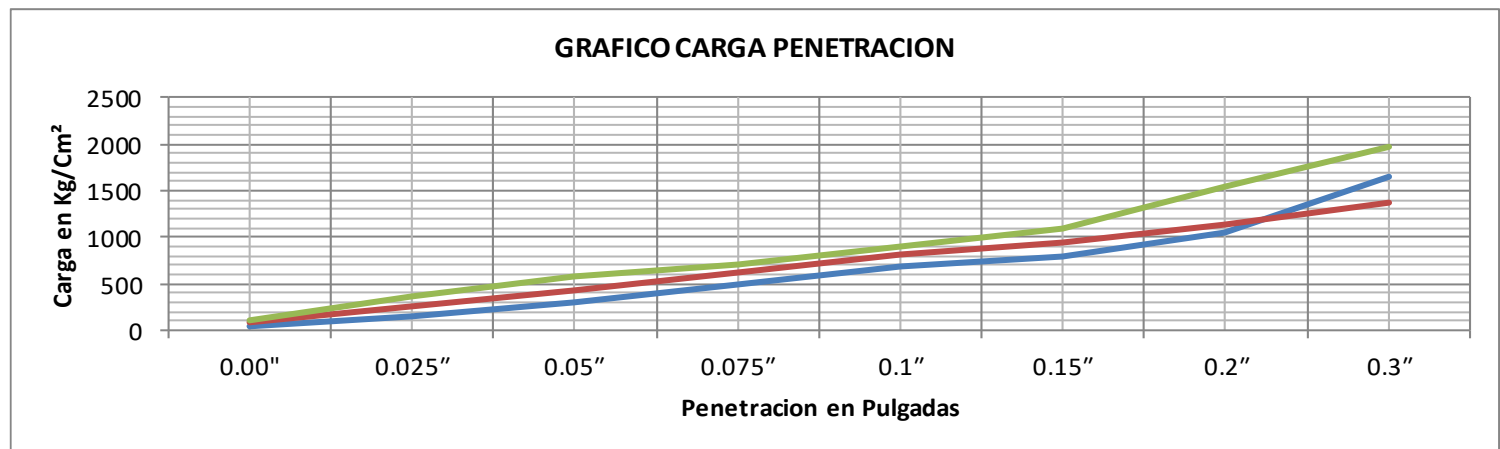
DESGASTE DE LOS ANGELES	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	3700
DIFERENCIA	1,300
% APROXIMADO DE DESGASTE	26
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3600
% DEFINITIVO DE DESGASTE	28
RESULTADO DE INTEMPERISMO	
7	



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

Tabla 98: Resultados de Laboratorio del Banco de Préstamo N#3 Concepción García.

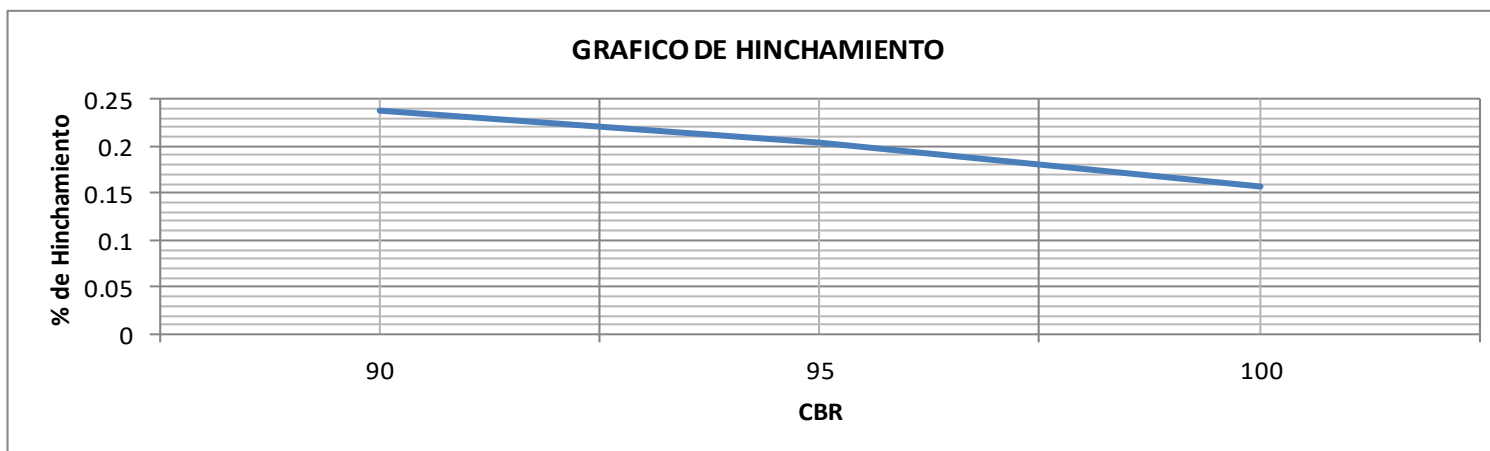
Ensayo carga Penetración						
Anillo	Molde 1		Molde 2		Molde3	
	Dial	Carga	Dial	Carga	Dial	Carga
0.025"	15	46	25	77	35	108
0.05"	50	155	80	248	120	371
0.075"	100	310	140	433	190	588
0.1"	160	495	200	619	230	711
0.15"	220	681	260	805	290	897
0.2"	253	783	305	944	355	1098
0.3"	340	1052	370	1145	500	1546
0.4"	530	1640	440	1362	640	1979
C.B.R		38		46		54



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

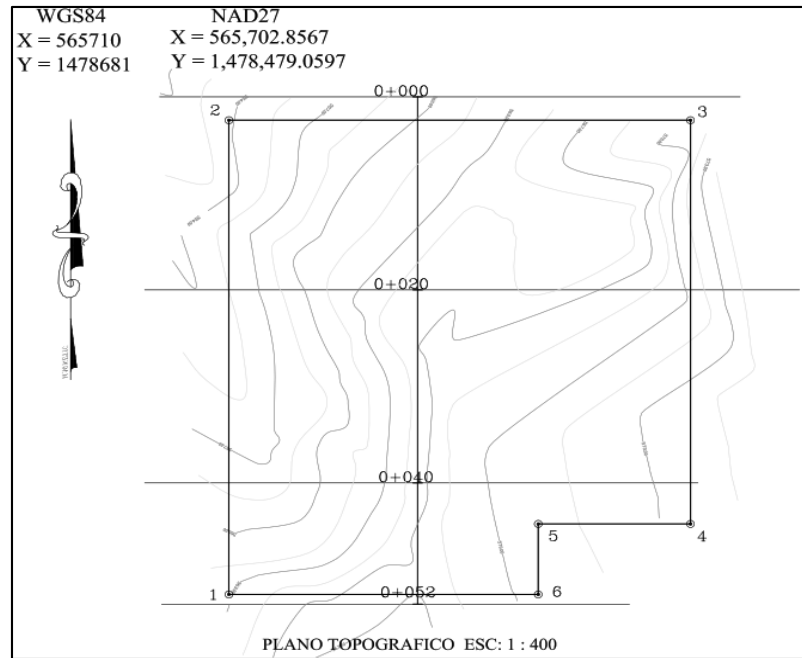
Tabla 99: Ensaye Desgaste Los Ángeles Banco N#3 Concepción García.

DESGASTE DE LOS ANGELES	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1450
DIFERENCIA	3,550
% APROXIMADO DE DESGASTE	29
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3500
% DEFINITIVO DE DESGASTE	30
RESULTADO DE INTEMPERISMO	
7.1	

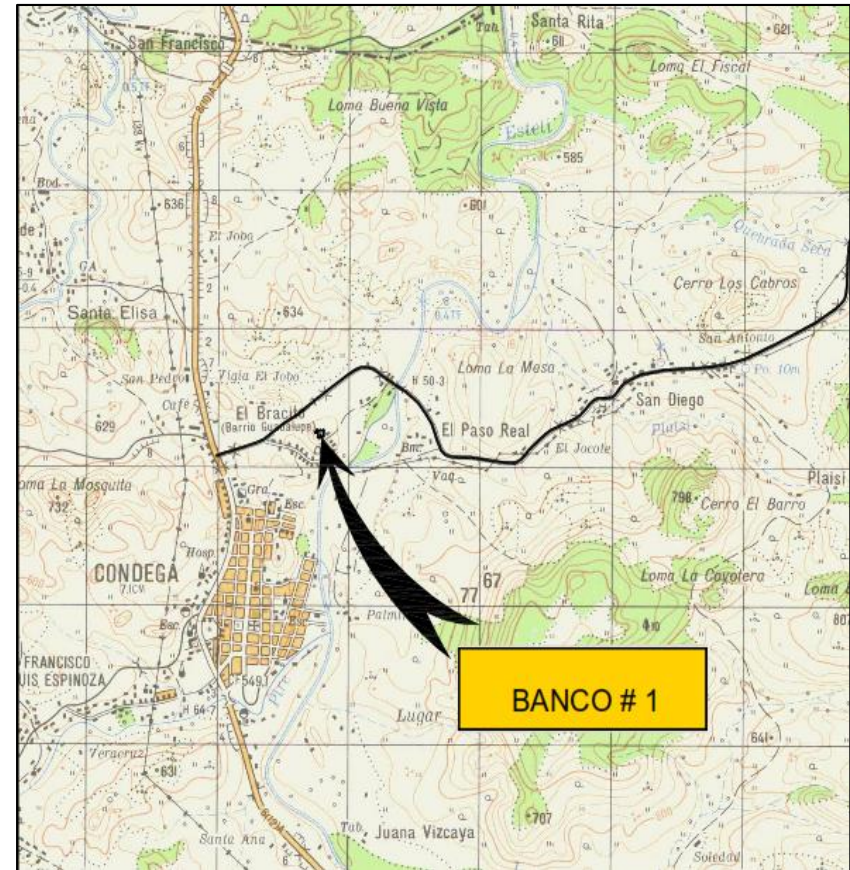


Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO.

Imagen 14: Plano Topográfico del Banco N°1 Domingo Palacios.



PUNTO	COORDENADAS WGS84		COORDENADAS NAD27	
	Y	X	Y	X
1	1478532.838	565856.338	1478,330.8977	565,849.1947
2	1478581.969	565856.338	1478,380.0287	565,849.1947
3	1478581.969	565900.200	1478,380.0287	565,893.0567
4	1478540.147	565900.200	1478,338.2067	565,893.0567
5	1478540.147	565885.732	1478,338.2067	565,878.5887
6	1478532.838	565885.732	1478,330.8977	565,878.5887



UBICACION DE BANCO # 1 ESC: 1 : 50,000

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO (Escala Indicada).

Foto N°7: Banco N#1 Domingo Palacios.



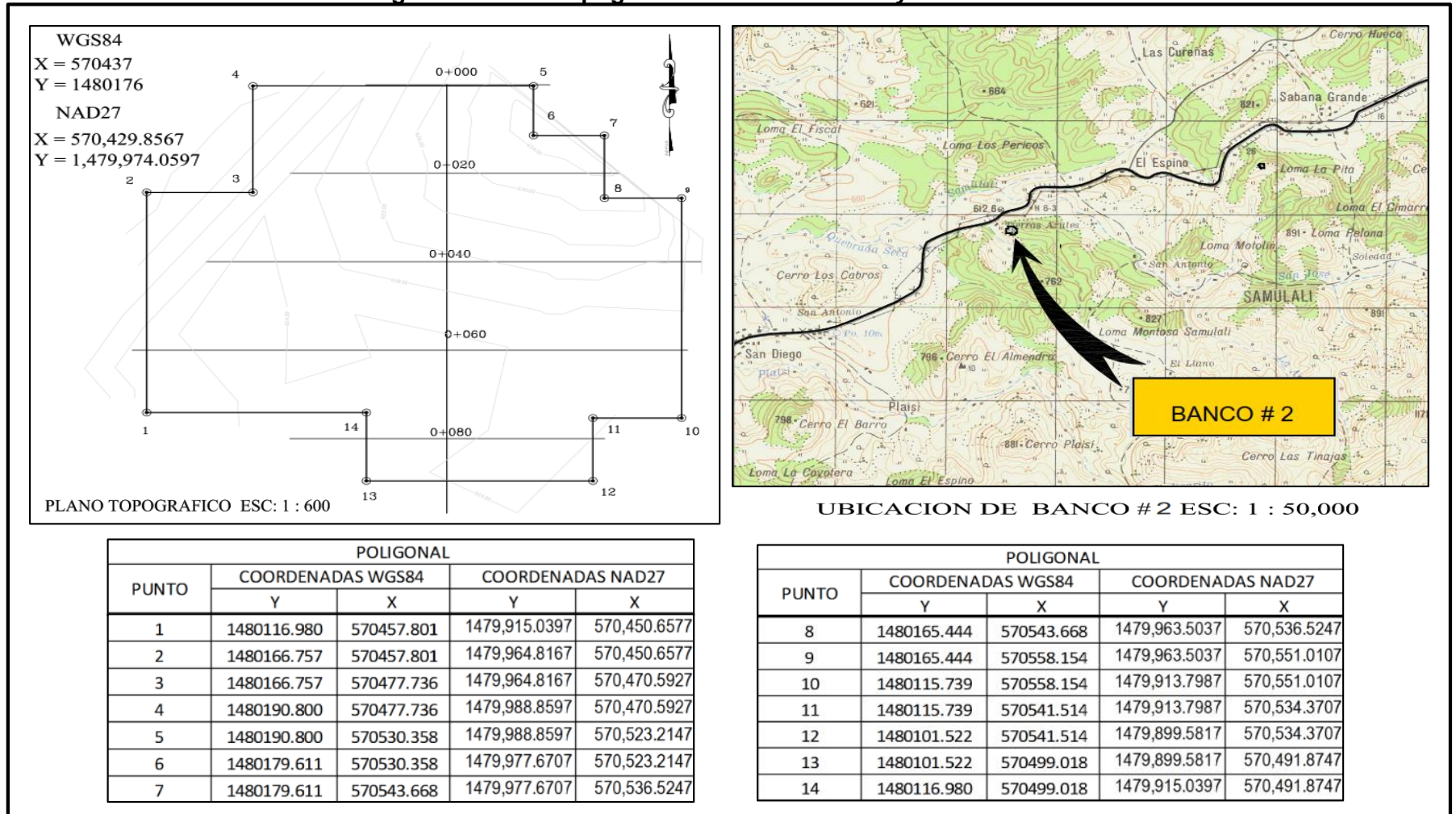
Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Foto N°8: Banco N#1 Domingo Palacios.



Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Imagen 15: Plano Topográfico del Banco N#2 Bayardo Hurtado.



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO (Escala Indicada).

Foto N°9: Banco N#2 Bayardo Hurtado.



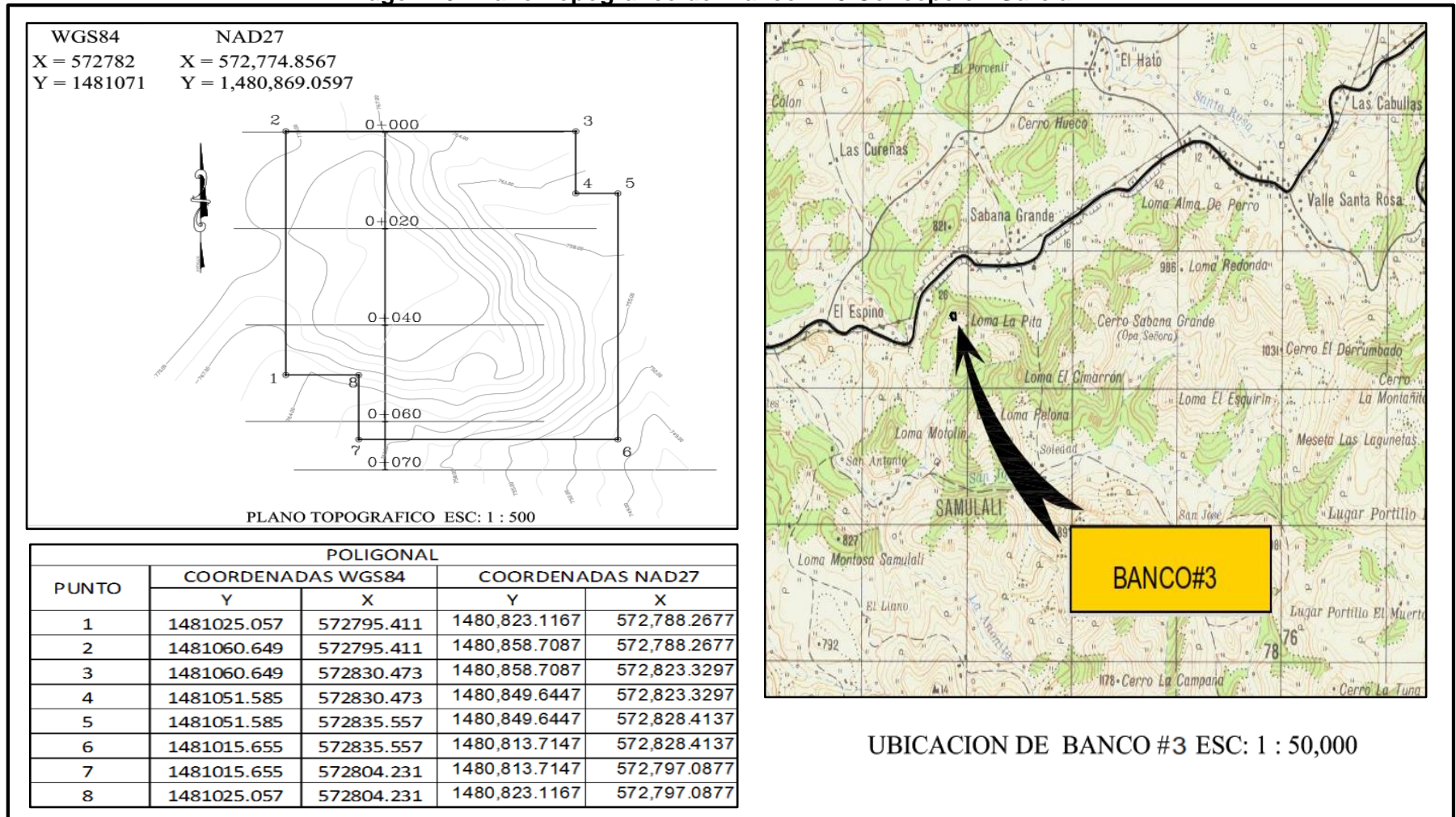
Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Foto N°10: Banco N#2 Bayardo Hurtado.



Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Imagen 16: Plano Topográfico del Banco N#3 Concepción García.



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega/ Estudio y Diseños Ingenieros Consultores EDICO (Escala Indicada).

Foto N°11: Banco N#3 Concepción García.



Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Foto N°12: Banco N#3 Concepción García.



Fuente: Levantamiento en campo por sustentantes (enero 2019).

Anexo Capítulo V: Costo y Presupuesto.

Tabla 100: Tipo de Cambio Oficial del Dólar (USD).

El Banco Central de Nicaragua informa al público en general los tipos de cambio oficiales del córdoba con respecto al dólar de los Estados Unidos de América (USD) que regirán en el período abajo señalado:

TIPO DE CAMBIO OFICIAL
Del 1º al 28 de Febrero de 2019

Fecha	Córdoba por USD	Fecha	Córdoba por USD
01-Feb-19	32.4691	15-Feb-19	32.5299
02-Feb-19	32.4734	16-Feb-19	32.5342
03-Feb-19	32.4777	17-Feb-19	32.5386
04-Feb-19	32.4821	18-Feb-19	32.5429
05-Feb-19	32.4864	19-Feb-19	32.5473
06-Feb-19	32.4908	20-Feb-19	32.5516
07-Feb-19	32.4951	21-Feb-19	32.5560
08-Feb-19	32.4995	22-Feb-19	32.5603
09-Feb-19	32.5038	23-Feb-19	32.5647
10-Feb-19	32.5081	24-Feb-19	32.5690
11-Feb-19	32.5125	25-Feb-19	32.5734
12-Feb-19	32.5168	26-Feb-19	32.5777
13-Feb-19	32.5212	27-Feb-19	32.5821
14-Feb-19	32.5255	28-Feb-19	32.5865



Banco Central de Nicaragua
Emitiendo confianza y estabilidad

Fuente: Banco Central de Nicaragua (Informe de febrero 2019).

Tabla 101: Resultado del cálculo de volúmenes (Est. 0+000 – 0+380).

SECCIONES DE TN LEVANTADAS EN CAMPO	ELEVACIONES		ESPESORES		Factor de abundamiento en corte	SEMI- DISTANCIA	CORTE	TERRAPLEN
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN				
0+000.000	559.943	559.835	0.11	0.00				
0+010.000	559.884	559.620	0.26	0.00	1.30	5.00	18.47	0.00
0+020.000	559.635	559.405	0.23	0.00	1.30	5.00	22.49	0.00
0+030.000	559.320	559.045	0.28	0.00	1.30	5.00	23.43	0.00
0+040.000	558.953	558.685	0.27	0.00	1.30	5.00	23.99	0.00
0+050.000	558.557	558.605	0.00	0.05	1.30	5.00	11.67	0.64
0+060.000	558.829	558.828	0.00	0.00	1.30	5.00	0.83	15.90
0+070.000	559.539	559.655	0.00	0.12	1.30	5.00	2.66	17.31
0+080.000	560.720	560.785	0.00	0.06	1.30	5.00	2.88	2.76
0+090.000	562.071	562.310	0.00	0.24	1.30	5.00	0.52	6.43
0+100.000	563.361	563.736	0.00	0.37	1.30	5.00	0.00	16.27
0+110.000	564.861	564.565	0.30	0.00	1.30	5.00	20.22	10.55
0+120.000	565.843	565.295	0.55	0.00	1.30	5.00	52.75	0.00
0+130.000	566.246	565.848	0.40	0.00	1.30	5.00	50.72	0.00
0+140.000	566.329	566.045	0.28	0.00	1.30	5.00	33.09	0.00
0+150.000	566.769	566.395	0.37	0.00	1.30	5.00	31.27	0.00
0+160.000	566.885	566.745	0.14	0.00	1.30	5.00	24.83	0.00
0+170.000	566.881	566.730	0.15	0.00	1.30	5.00	16.94	0.00
0+180.000	566.991	566.715	0.28	0.00	1.30	5.00	20.31	0.00
0+190.000	567.058	566.665	0.39	0.00	1.30	5.00	29.41	0.00
0+200.000	566.912	566.615	0.30	0.00	1.30	5.00	33.59	0.00
0+210.000	567.098	566.775	0.32	0.00	1.30	5.00	33.91	0.00
0+220.000	567.189	566.935	0.25	0.00	1.30	5.00	31.08	0.00
0+230.000	567.273	567.010	0.26	0.00	1.30	5.00	25.42	0.00
0+240.000	567.363	567.085	0.28	0.00	1.30	5.00	27.86	0.00
0+250.000	567.528	567.150	0.38	0.00	1.30	5.00	32.91	0.00
0+260.000	567.432	567.215	0.22	0.00	1.30	5.00	23.99	0.19
0+270.000	567.527	567.463	0.06	0.00	1.30	5.00	8.33	0.19
0+280.000	567.717	567.711	0.01	0.00	1.30	5.00	5.89	2.80
0+290.000	567.724	567.959	0.00	0.24	1.30	5.00	4.51	9.04
0+300.000	568.189	568.207	0.00	0.02	1.30	5.00	3.52	6.62
0+310.000	568.793	568.455	0.34	0.00	1.30	5.00	19.62	0.37
0+320.000	569.258	568.840	0.42	0.00	1.30	5.00	33.20	0.00
0+330.000	569.559	569.225	0.33	0.00	1.30	5.00	26.80	0.00
0+340.000	569.745	569.350	0.39	0.00	1.30	5.00	28.44	0.00
0+350.000	569.660	569.475	0.19	0.00	1.30	5.00	26.67	0.00
0+360.000	569.432	569.150	0.28	0.00	1.30	5.00	21.81	0.00
0+370.000	568.978	568.696	0.28	0.00	1.30	5.00	25.41	0.00
0+380.000	568.154	567.985	0.17	0.00	1.30	5.00	20.08	0.00

Fuente: Elaborado por sustentantes (CivilCAD-2017).

Tabla 102: Resultado del cálculo de volúmenes (Est. 0+390 – 0+680).

SECCIONES DE TN LEVANTADAS EN CAMPO	ELEVACIONES		ESPESORES		Factor de abundamiento en corte	SEMI- DISTANCIA	CORTE	TERRAPLEN
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN				
0+390.000	560.524	560.430	0.09	0.00	1.30	5.00	9.65	2.38
0+400.000	560.939	560.795	0.14	0.00	1.30	5.00	12.35	4.56
0+410.000	561.357	561.245	0.11	0.00	1.30	5.00	12.27	2.17
0+420.000	561.838	561.695	0.14	0.00	1.30	5.00	14.02	0.00
0+430.000	562.099	561.875	0.22	0.00	1.30	5.00	16.69	0.00
0+440.000	562.214	562.055	0.16	0.00	1.30	5.00	17.12	0.00
0+450.000	562.400	562.115	0.28	0.00	1.30	5.00	20.43	0.00
0+460.000	562.415	562.175	0.24	0.00	1.30	5.00	23.62	0.00
0+470.000	562.489	562.250	0.24	0.00	1.30	5.00	22.98	0.00
0+480.000	562.629	562.325	0.30	0.00	1.30	5.00	24.86	0.00
0+490.000	562.836	562.765	0.07	0.00	1.30	5.00	15.71	0.16
0+500.000	563.218	563.205	0.01	0.00	1.30	5.00	2.69	0.53
0+510.000	563.555	563.755	0.00	0.20	1.30	5.00	0.51	3.94
0+520.000	564.137	564.305	0.00	0.17	1.30	5.00	0.08	6.80
0+530.000	564.620	564.510	0.11	0.00	1.30	5.00	7.57	3.23
0+540.000	565.039	564.715	0.32	0.00	1.30	5.00	25.69	0.00
0+550.000	565.306	565.025	0.28	0.00	1.30	5.00	30.03	0.00
0+560.000	565.458	565.335	0.12	0.00	1.30	5.00	18.24	0.00
0+570.000	565.656	565.380	0.28	0.00	1.30	5.00	15.93	0.00
0+580.000	565.677	565.425	0.25	0.00	1.30	5.00	21.02	0.00
0+590.000	565.379	564.850	0.53	0.00	1.30	5.00	35.13	0.00
0+600.000	564.827	564.275	0.55	0.00	1.30	5.00	48.90	0.00
0+610.000	564.001	563.300	0.70	0.00	1.30	5.00	56.10	0.00
0+620.000	562.694	562.325	0.37	0.00	1.30	5.00	43.08	0.00
0+630.000	560.919	560.850	0.07	0.00	1.30	5.00	16.64	0.00
0+640.000	559.638	559.375	0.26	0.00	1.30	5.00	16.71	0.00
0+650.000	558.763	558.720	0.04	0.00	1.30	5.00	13.50	0.40
0+660.000	558.297	558.065	0.23	0.00	1.30	5.00	12.97	0.40
0+670.000	556.250	558.085	0.00	1.84	1.30	5.00	11.72	56.23
0+680.000	557.517	558.105	0.00	0.59	1.30	5.00	0.00	74.78

Fuente: Elaborado por sustentantes (CivilCAD-2017).

Tabla 103: Resultado del cálculo de volúmenes (Est. 0+690 – 0+994).

SECCIONES DE TN LEVANTADAS EN CAMPO	ELEVACIONES		ESPESORES		Factor de abundamiento en corte	SEMI- DISTANCIA	CORTE	TERRAPLEN
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN				
0+690.000	561.248	560.170	1.08	0.00	1.30	5.00	45.71	18.54
0+700.000	562.007	562.235	0.00	0.23	1.30	5.00	48.82	8.55
0+710.000	561.104	562.145	0.00	1.04	1.30	5.00	3.11	22.45
0+720.000	562.179	562.055	0.12	0.00	1.30	5.00	13.76	13.90
0+730.000	562.447	562.615	0.00	0.17	1.30	5.00	15.65	4.72
0+740.000	563.224	563.175	0.05	0.00	1.30	5.00	4.93	4.72
0+750.000	563.607	563.535	0.07	0.00	1.30	5.00	7.66	0.00
0+760.000	563.859	563.895	0.00	0.04	1.30	5.00	9.14	0.55
0+770.000	564.439	564.095	0.34	0.00	1.30	5.00	20.47	1.46
0+780.000	565.632	564.295	1.34	0.00	1.30	5.00	67.17	0.91
0+790.000	565.009	565.275	0.00	0.27	1.30	5.00	62.79	2.26
0+800.000	566.791	566.255	0.54	0.00	1.30	5.00	27.50	2.38
0+810.000	566.361	565.958	0.40	0.00	1.30	5.00	34.56	0.12
0+820.000	566.009	565.660	0.35	0.00	1.30	5.00	37.16	0.00
0+830.000	566.254	566.098	0.16	0.00	1.30	5.00	27.06	0.00
0+840.000	566.335	566.535	0.00	0.20	1.30	5.00	9.01	3.08
0+850.000	566.870	566.430	0.44	0.00	1.30	5.00	20.69	3.08
0+860.000	566.755	566.325	0.43	0.00	1.30	5.00	32.77	0.00
0+870.000	567.004	566.575	0.43	0.00	1.30	5.00	26.00	0.00
0+880.000	566.795	566.825	0.00	0.03	1.30	5.00	37.80	0.03
0+890.000	567.409	567.938	0.00	0.53	1.30	5.00	35.90	5.69
0+900.000	568.213	569.050	0.00	0.84	1.30	5.00	14.63	16.95
0+910.000	569.294	570.288	0.00	0.99	1.30	5.00	4.73	27.61
0+920.000	570.909	571.525	0.00	0.62	1.30	5.00	2.42	32.86
0+930.000	571.772	571.260	0.51	0.00	1.30	5.00	23.90	16.54
0+940.000	571.671	570.995	0.68	0.00	1.30	5.00	47.05	0.00
0+950.000	571.511	570.715	0.80	0.00	1.30	5.00	48.53	0.00
0+960.000	571.243	570.435	0.81	0.00	1.30	5.00	49.95	0.00
0+970.000	570.820	570.300	0.52	0.00	1.30	5.00	42.34	0.00
0+980.000	570.479	570.165	0.31	0.00	1.30	5.00	28.43	0.00
0+994.000	570.173	569.837	0.34	0.00	1.30	5.00	28.54	0.00
TOTAL							2263.85	431.07

Fuente: Elaborado por sustentantes (CivilCAD-2017)

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Capa sub-rasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Capacidad de carga ultima del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carretera no pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (Verano-Invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado.

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Intersección: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Levantamiento topográfico: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

Límite líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Módulo resiliente (suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Pendiente de la carretera: Inclinação del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sección transversal: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras